TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA

economia

tecnologia

sociologia

investigação

pedagogia

MARÇO 1962

320

Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telef. 028824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

4 papeis suiços de alta qualidade, para todas as necessidades técnicas

DÉPOSÉ SIHL SUPERBUS

Papel de desenho mate e acetinado granitado para aguarelas.

SIRIUS

Papel de desenho acetinado.

ASSISTENT

Papel de desenho mate.

Utoplex

Papel vegetal mate e acetinado.

Exija expressamente Papel Sihl
Papeteries Zuricoises sur Sihl Zurich

SIHL

Representantes em Portugal:
E. BRUNNER & CA., LDA., Rua de Aviz, 13, Porto
Distribuidores: DETÉCNICA
— Equipamentos Técnicos de Desenho, Ld.ª
Rua Nova do Almada, 32-34 — Telef. 33648-34303

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXVII - N.º 320 Março de 1962

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR
MIGUEL FALCÃO

ADMINISTRADOR
RAMIRO CONFRARIA

REDACTORES
JOSÉ FERNANDO PINHARANDA
JOSÉ ALBERTO FERNANDES
ANTÓNIO ALVES MACEDO
MANUEL DIAS FERREIRA

SECRETARIO
JOSÉ MANUEL GONÇALVES

NUMERO AVULSO 15$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	37$50	60$00	110$00
Ultramar Português e Espanha	—	65$00	120$00
Estrangeiro	—	70$00	130$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — A primeira Lavaria Stripa do continente Africano. — Minas de Cuima da Companhia Mineira do Lobito. Em funcionamento desde Dezembro de 1961, com a capacidade de 100 t/h

Págs.

Problemas de direcção na empresa industrial
Por Armindo Neves da Silva 367

Uma nova forma do núcleo de transformadores: o canto 15º
Por Rogério da Conceição Serafim Martins 373

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional** 394

Verificação da lei de Tillé para a distribuição dos caudais nos hidrociclones
Por Nuno Gonçalo Bacha de Almeida Ribeiro 395

Determinação do espectro de potência a partir de registos cronológicos
Por Fernando Eduardo Rebelo Simões 401

A II Conferência Mundial de Engenharia Sísmica
Por J. Ferry Borges 435

Acoplamentos Hidráulicos
Por Carlos A. Raposeiro 447

Estudo Matricial dos Movimentos Relativos
Por Carlos Alberto F. Roncon 457

Demonstração e generalização do teorema de Kirchoff e da equação de Clapeyron-Clausius em Termoestática
por José Joaquim Delgado Domingos 468

Biblioteca 469

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª XIII
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XL
Agro-Mecânica XXXI
Araldite XXXIX
Asea Eléctrica Ld.ª XXXII
Azevedo & Pessi, Ltd. XXXII

C

Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XV
Companhia União Fabril . . XVIII e XIX
Construções Técnicas, Ltd.ª XXIX
Crane XXXIII
C. Santos, Ltd.ª . . . . . X e XII

D

Decauto XXXII
Detécnica . . . . . 2.ª da capa

E

EFACEC XXVII
Electro-Arco, Ltd.ª . . . . . 2.ª da capa
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XXII
Empresa de Cimentos de Leiria e Companhias Associadas IV
Empresa Electro Cerâmica XXXIX
Empresa Nacional de Aparelhagem Eléctrica XXIV
Empresa de Produtos Asfálticos . . . XIV
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações XXX
English Electric VI
Eng.º Augusto Cavaco XLII
Estores Sunway XXXV

F

Pág.

Fábrica Portugal II
Fanafel XX

H

Harker Sumner & C.ª, Ltd. XLII

M

Mobil Oil Portuguesa . . . . . 4.ª da capa
Monteiro Gomes, Ltd.ª IX

O

Orlando Fernandes XX

P

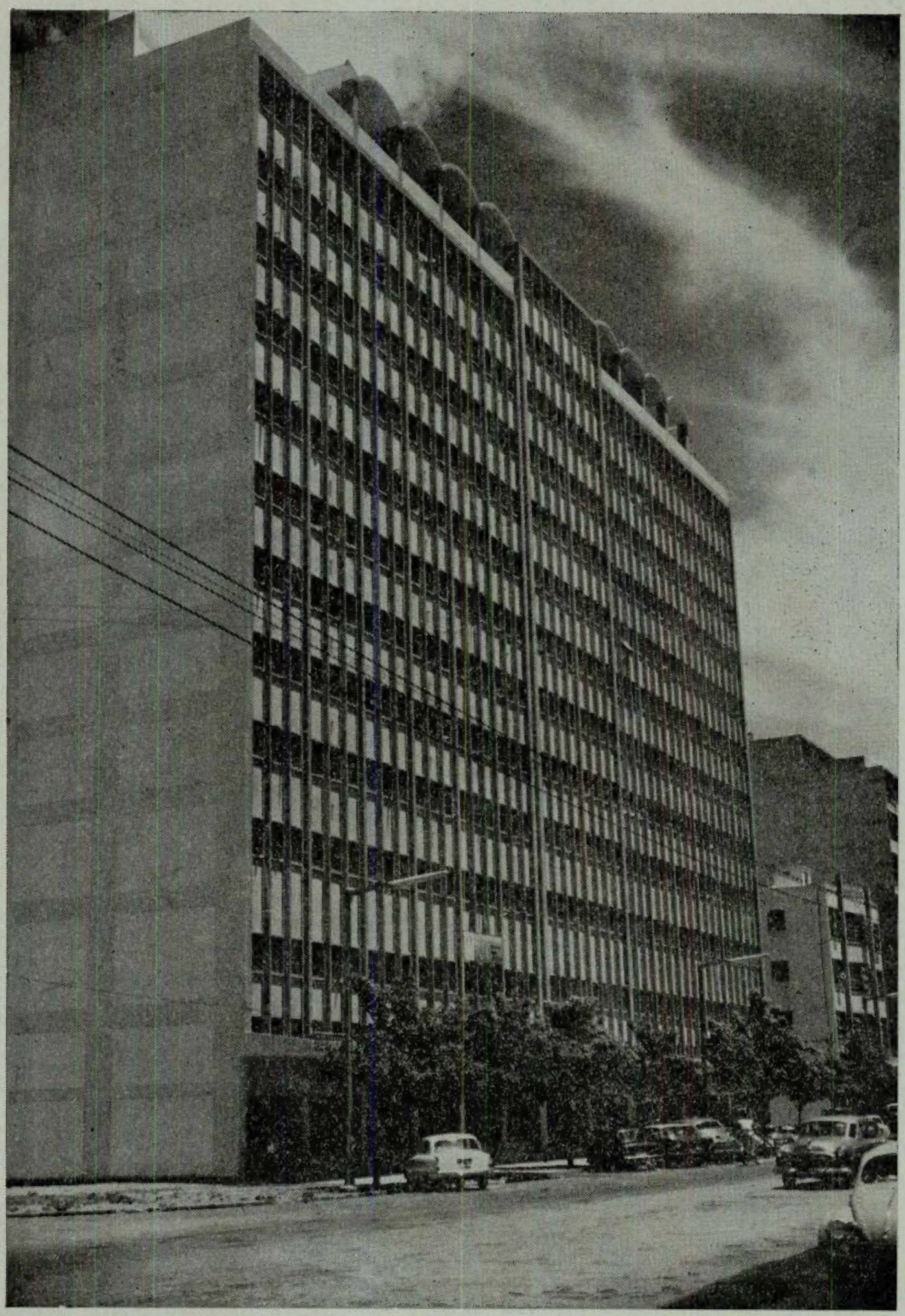
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
Siemens XXXVIII
Soabal, Ltd. XVI
S. Com. de Isolamentos de Cortiça XXXVII
Soc. Comercial Romar, Lda. . XXVI e XXXIV
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Société Louis de Roll V
Sociedade Portuguesa Cavan VIII
Sociedade Portuguesa do Ar Líquido XXV
Socied. Portuguesa de Válvulas, Ld.ª XXIII
Sociedade S K F XXII
Sociedade Técnica de Equipamentos e Tractores, Lda. . . . . . (Intercalado)
Sofomil XLI
Sondagens Ródio, Ltd.ª XLII
Standard Eléctrica VII

W

Wild Portugal, Lda. XXI



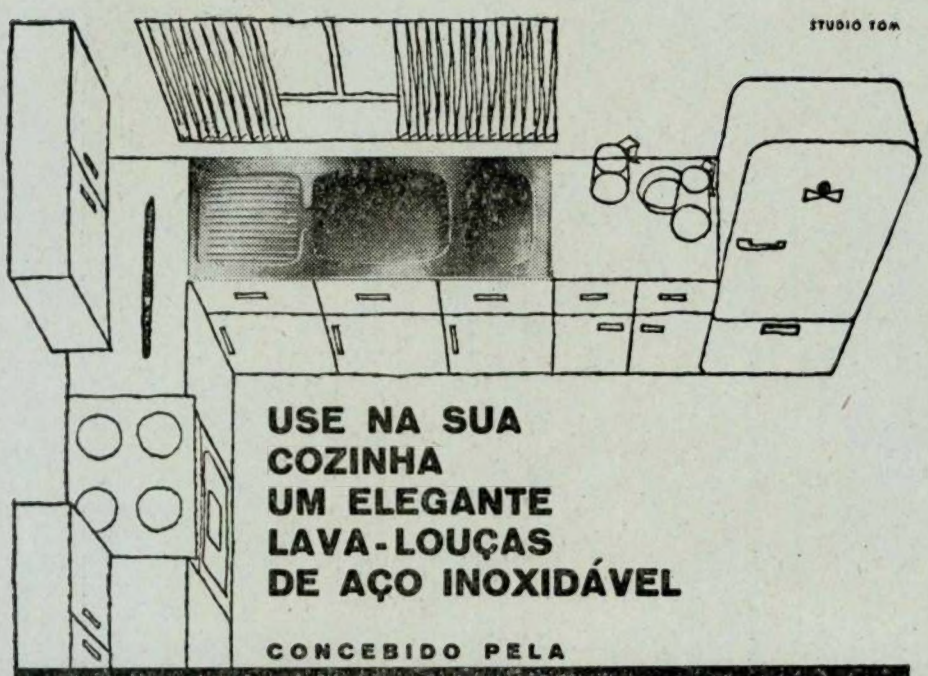
Prédio
Cardoso & Reis
Lourenço Marques
Portugal

Assente sobre 177 Estacas Franki

FUNDAÇÕES FRANKI

Sociedade Construtora Portuguesa, Lda.

Praça do Areeiro, n.º 9, 4.º Esq. — Lisboa Tel. 72 60 61 e 72 99 11

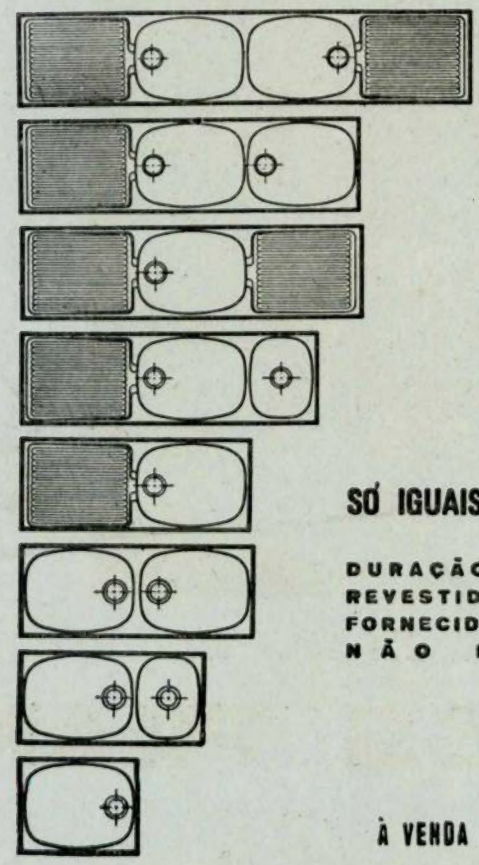


USE NA SUA COZINHA UM ELEGANTE LAVA-LOUÇAS DE AÇO INOXIDÁVEL

CONCEBIDO PELA

FABRICA PORTUGAL

PARA MODERNIZAR OS LARES DE PORTUGAL



APRESENTADOS EM

8 MODELOS

"STANDARD"

EXECUTAM-SE FORA DE SÉRIE, MODELOS ESPECIAIS PARA GRANDES INSTALAÇÕES

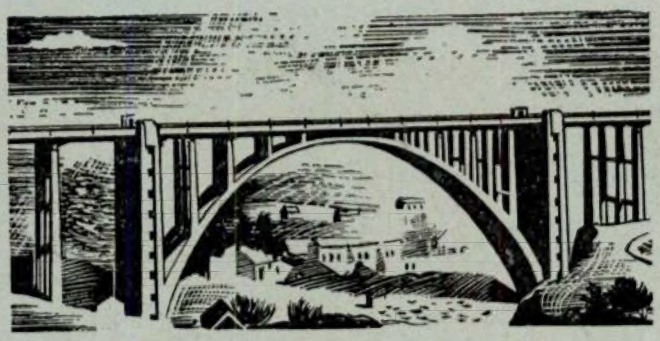
SÓ IGUAIS AOS MELHORES ESTRANGEIROS

DURAÇÃO ILIMITADA • HIGIÉNICOS
REVESTIDOS DE ISOLAMENTO ESPECIAL
FORNECIDOS COM SIFÃO DE SEGURANÇA
NÃO PARTEM A LOUÇA

À VENDA NAS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

QUASE 40 ANOS AO SERVIÇO DA ENGENHARIA PORTUGUESA



GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 32 43 14 — 32 42 48 ✦ TELEG.: TECNA

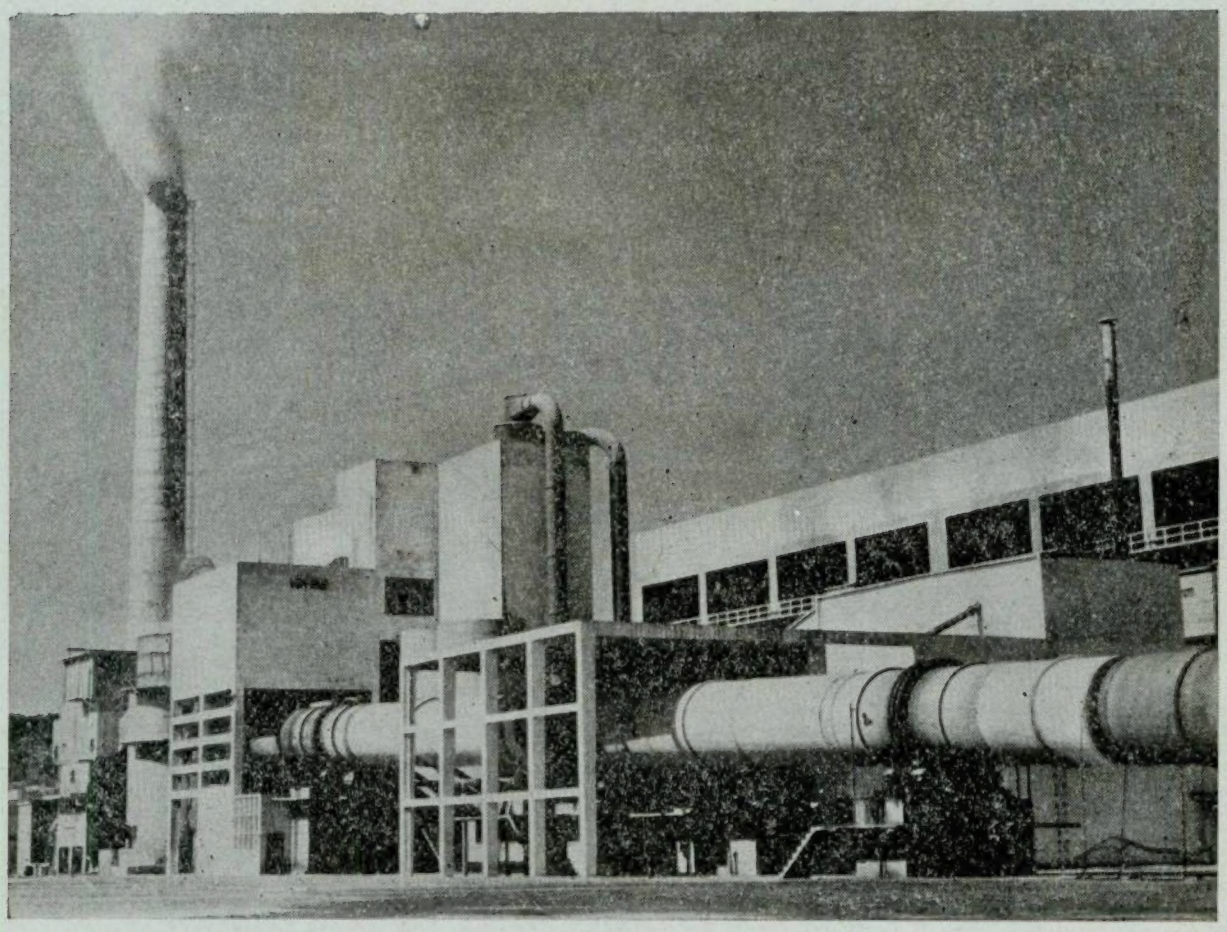
Empreza de Cimentos de Leiria

e

Companhias Associadas

3 Fábricas em laboração na Metrópole
2 Fábricas em laboração em Moçambique
1 Fábrica em laboração em Angola
1 Fábrica em acabamento em Moçambique
15 Fornos

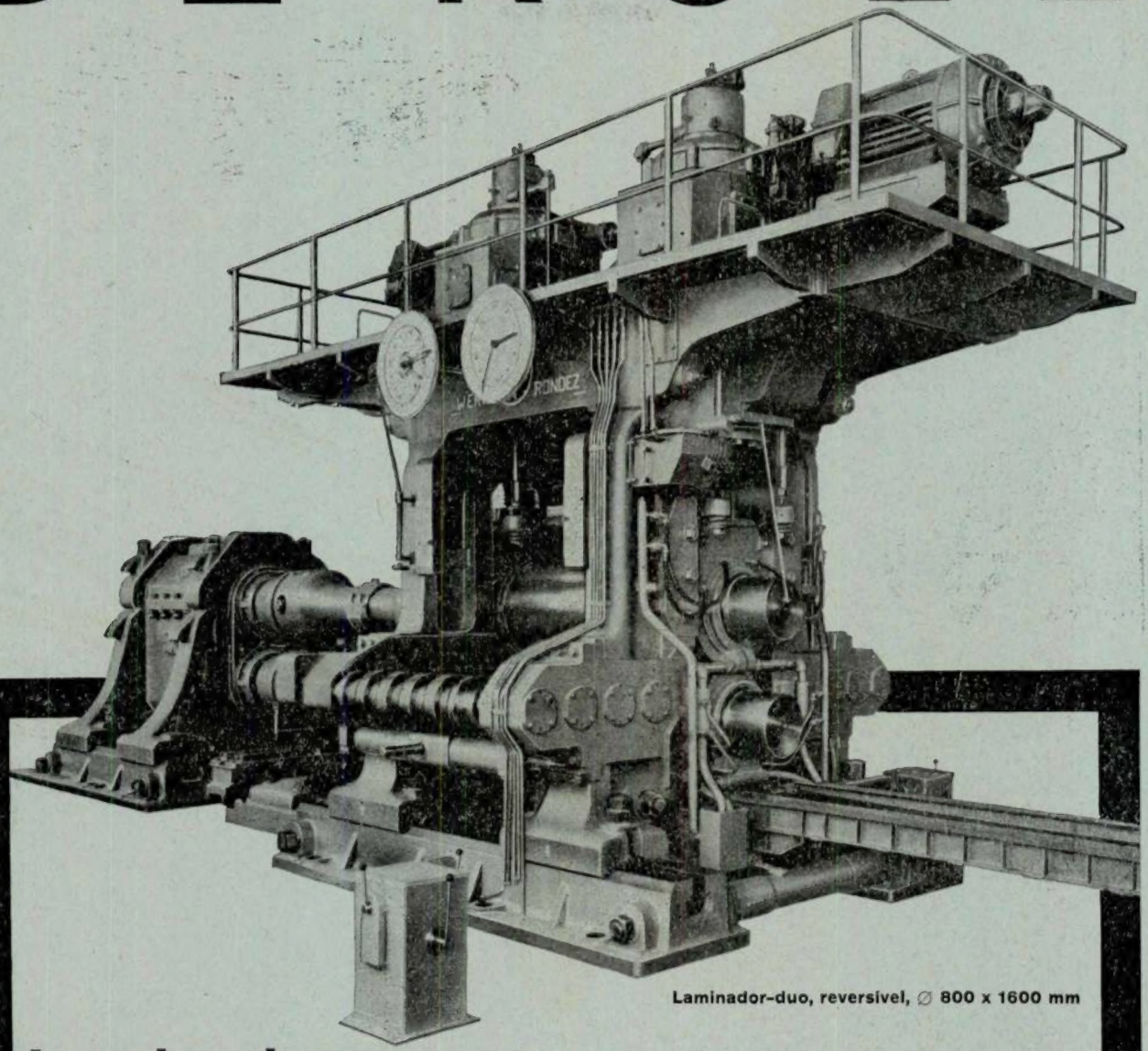
2 milhões de toneladas de capacidade anual de produção



Companhia de Carvões e Cimentos do Cabo Mondego

Pormenor do Forno Rotativo

DE ROLL



Laminador-duo, reversível, ∅ 800 x 1600 mm

Laminadores para aço, metais não ferrosos, cauchu e matérias sintéticas, etc.

DE ROLL
Fábrica de Rondez, Delémont (Suiça)

Representantes em Portugal:
SOCOTEL, Ldª.
Rua Sá da Bandeira, 651-4º
Porto

81

Postos de soldadura e eléctrodos

Uma gama completa de postos estáticos para corrente alternada, tipos unioperador e multioperador, corrente contínua com rectificador incorporado e mistos (c.a./c.c.), e eléctrodos para todas as aplicações da indústria metalo-mecânica.

'ENGLISH ELECTRIC'

ENGLISH ELÉCTRICA DE PORTUGAL, LIMITADA
Rua Cascais, 47 (Alcântara) — LISBOA 3

Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 32 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

✱

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

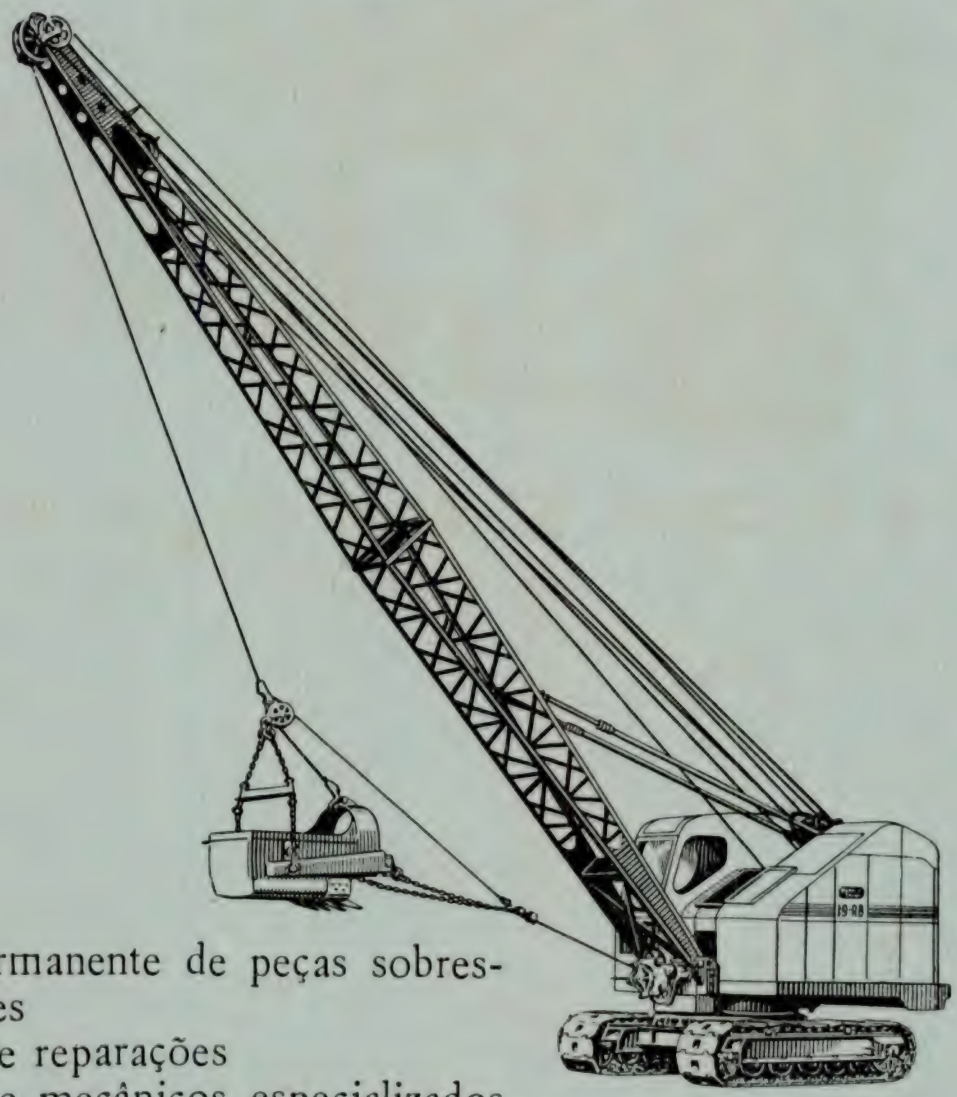
✱

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A
TELEF. 47812-50129
LISBOA

ESCAVADORAS

RUSTON-BUCYRUS, LTD. E BUCYRUS-ERIE & CO.

Modelos de 3/8 a 36 jardas cúbicas



Stock permanente de peças sobressalentes
Oficina de reparações
Técnicos e mecânicos especializados
Ensino e treino de operadores

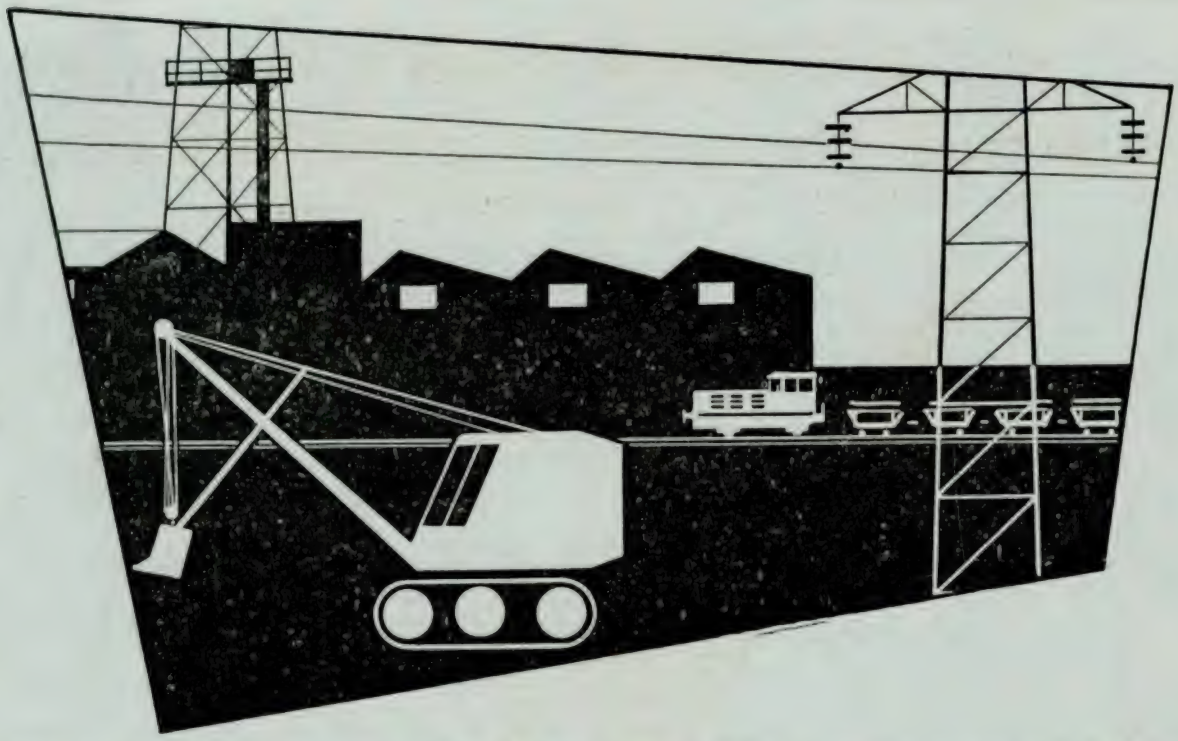
Representantes exclusivos para Portugal Continental e Ultramarino

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara)

LISBOA

LUANDA PORTO LOURENÇO MARQUES



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS. ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

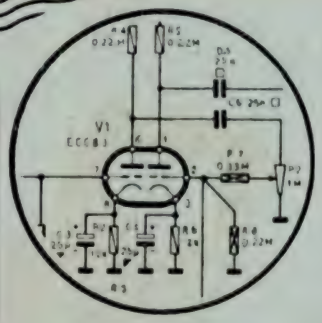
MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

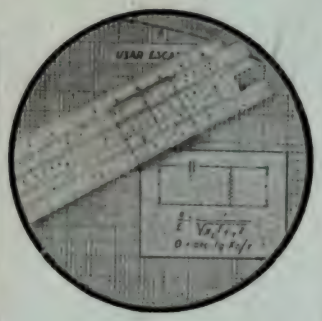
REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

EQUIPAMENTO DE AMPLIFICAÇÃO DE SOM

BEM CONCEBIDO CALCULADO CONSTRUIDO





LESA

A grande marca italiana

Representantes em Portugal

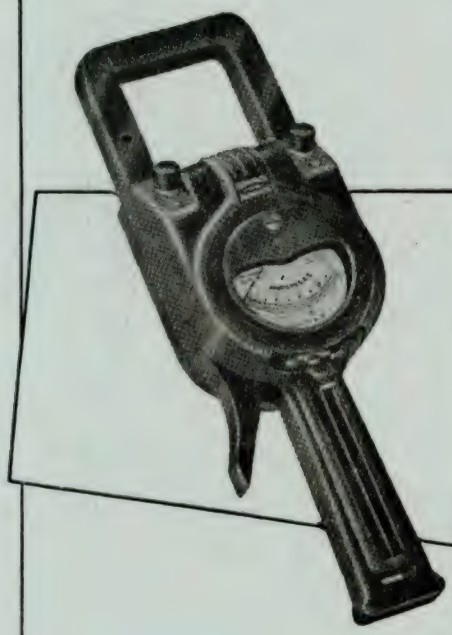
TELECTRA

EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S. A. R. L.

Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r/c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua Sá da Bandeira, 766-1.º E.
Tel. 2 48 18 — PORTO

PINÇAS
FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

SOCIETE APPLEVAGE PARIS

Máquina escavadora de minério de ferro da fábrica do Seixal
da Siderurgia Nacional

DELEGADOS

AGMEL—AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos Industriais, 4-1.º (às Côrtes) — LISBOA

Telef. 66 06 92 — 66 60 82 — 66 06 04

Celulite

ISOLAMENTO TÉRMICO DAS CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. ✦ RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º ✦ TEL. 73 01 56 — LISBOA

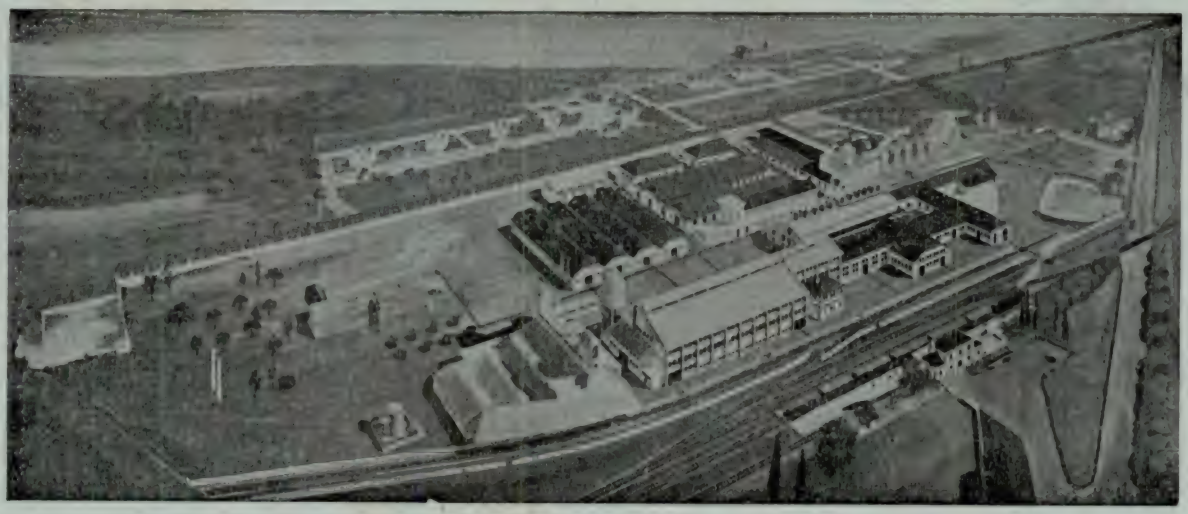
Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º - LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CALCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 67222

SEDE
Largo de S. Carlos, 4-2.º — LISBOA
Telefones 325343-35556-368989

AÇO TOR

O AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA
PARA BETÃO ARMADO COM
MAIOR VENDA NO MUNDO

TENSÃO DE SEGURANÇA 2 400 Kg/cm²
SEM GANCHOS

Especifique
AÇO TOR
com o símbolo

SOABAL – SOCIEDADE DE AÇOS PARA BETÃO ARMADO, LDA.
RUA JOAQUIM BONIFÁCIO, 2, 1.º — TELEF. 4 05 66 — LISBOA

TÉCNICA

DIRECTOR: MIGUEL FALCÃO
ADMINISTRADOR: RAMIRO CONFRARIA
SECRETÁRIO: JOSÉ MANUEL GONÇALVES

Ano XXXVII — N.º 320 Março de 1962

C. D. U. 658.012

Problemas de direcção na empresa industrial

Pelo Eng.º Mec. (U. P.) ARMINDO NEVES DA SILVA
Director do CIM, Cacém Industrial Metalúrgico

Considerações Gerais

Ao escrever sobre um tema tão vasto como este parece-me que um só artigo não chegaria para fazer a simples enumeração ordenada de problemas que têm de ser tratados a diferentes níveis de direcção.

Para simplificar vamos considerar só os problemas que aparecem no escalão mais elevado da direcção, ao nível de gerência, pondo de lado os problemas relativos a níveis inferiores, como directores de secção, sub-directores e chefes de pessoal dos diferentes sectores de fabricação, venda, etc.

Embora o título do artigo exclua o estudo da maior parte das empresas agrícolas e comerciais, aparece ainda uma grande variedade de casos dentro das empresas industriais que nos obrigam a delimitar mais o nosso estudo.

Efectivamente entre uma empresa de 5 pessoas e uma de 500 ou outra em que trabalham 50.000 indivíduos há diferenças notáveis nos problemas de direcção.

Entre uma companhia de transportes, uma indústria alimentar, um banco comercial, uma empresa de lanifícios e outra de electrónica — mesmo dentro da mesma dimensão — há igualmente diferenças profundas.

A direcção de uma empresa no Ocidente tem características muito distintas da direcção de uma outra congénere nos países da cortina de ferro.

Se considerarmos ainda o caso de indústrias do mesmo campo específico de produção mas situadas uma num país de alto nível de vida e outra num país sub-desenvolvido ou em vias de evolução encontraremos de igual modo diferenças.

Todos sabem, por exemplo, que não é o mesmo gerir uma empresa numa época de *boom* e geri-la numa época de crise económica, e que se o género de indústria é do tipo regressivo (como os curtumes) os problemas que suscita divergem dos do tipo de indústria em expansão (como os plásticos).

Embora a variedade de situações que se apresentam nas empresas seja muito grande, é sempre possível analisar, depurar e esquematizar um certo número de temas que, devidamente rectificados para cada caso concreto, têm interesse em ser estudados sob o ponto de vista da gestão.

A Empresa. Objectivos. Funções

Salvo indicação em contrário servir-nos-á de base neste artigo a análise do que sucede sob o ponto de vista da direcção numa empresa de manufactura industrial no Ocidente de dimensão média (30.000 contos de negócios anuais).

Esbocemos problemas deste tipo de empresa:

A aplicação do método analítico revela-nos em primeiro lugar a existência das seguintes funções principais: *vendas* e *marketing, produção, relações públicas, finanças, pessoal, escritórios, investigação e novos fabricos,* funções estas que são comuns às indústrias manufactureiras em geral.

A síntese destas funções é realizada pela Direcção Superior da empresa ou Gerência, que estabelece entre elas a articulação que permitirá à empresa como unidade atingir objectivos predeterminados.

Aparecem-nos portanto imediatamente 2 problemas de direcção: *a marcação de objectivos e a realização da síntese das funções principais atrás mencionadas.*

A marcação de objectivos a alcançar implica um processo racional e dinâmico a partir de uma ideia simples inicial, que nasceu intuitivamente ou através de um sistema de elaboração.

Todas as empresas tiveram sempre como ponto de partida uma ideia que nasceu num homem, ideia que ele sòzinho não podia realizar e que ao chamar outros a colaborar deu origem a um trabalho de cooperação a que se chama *empresa*.

Mas a ideia para se materializar necessita, por parte do director, uma firme determinação de a levar à prática e esse problema só se resolve se o director for um homem constante, tenazmente constante.

Temos assim que o problema fundamental da empresa: *consecução dos objectivos prédeterminados,* tem como primeira condição de êxito ou de fracasso a própria pessoa do director.

Ao nível da Gerência e a diversos níveis os problemas da empresa estão ìntimamente relacionados com os homens que as formam e abstrair destes para teoretizar sobre as empresas representaria um erro inicial.

O outro problema que definimos foi o da *síntese das funções principais:* vendas, produção, pessoal, finanças, escritórios, investigação e novos fabricos e ainda relações públicas, que aliás enumerámos já.

Diremos que: *Essa síntese terá que ser harmònicamente realizada através do «equilíbrio mútuo» daquelas funções.*

Este equilíbrio apresenta 2 aspectos: técnico e humano.

O técnico é o que é objecto da análise fria dos números, e de dados mensuráveis ou não; o humano é o que tem em conta os homens que hão-de cumprir os objectivos estabelecidos pelos números.

Consideremos em primeiro lugar o equilíbrio técnico e, a título de exemplo, vejamos a necessidade de equilibrar as funções de produção, venda e finanças, para o eficiente andamento da empresa, pondo de lado inicialmente as outras funções para facilitar o estudo.

Uma empresa que descurasse o equilíbrio daquelas funções e produzisse mais do que o que poderia vender enfraqueceria sob o ponto de vista financeiro, o coeficiente a que vulgarmente se chama «acid test» podendo eventualmente encontrar-se numa situação de insolvência, mesmo que apresentasse um *fundo de maneio* excelente.

Um desequilíbrio entre produção e venda, positivo para a primeira, *amarra* o fundo de maneio e no mundo em que vivemos as transacções fazem-se através do dinheiro e não por trocas de mercadorias e, salvo os bancos cuja mercadoria é já o próprio dinheiro todas as outras empresas têm que executar esta função.

Embora a necessidade de equilíbrio entre as funções principais da empresa seja evidente, a arte de o conseguir é que é difícil.

Ainda não há muito a revista «Fortune» trazia um artigo interessantíssimo sobre a Firma Massey-Harris-Ferguson, mostrando que esta empresa que é um colosso esteve por duas vezes no intervalo de seis meses à beira da falência. A causa próxima era o desequilíbrio produção-vendas.

As pessoas que governavam esta empresa eram certamente de grande categoria e o mal estava patente aos olhos de todos, solucioná-lo era porém difícil.

Poderíamos citar outros casos, a Underwood por exemplo, e descobrir como um ponto de partida das grandes vicissitudes por que passou esta empresa até ser absorvida pela Olivetti, um enfraquecimento da actividade de «investigação e novos fabricos», em relação ao equilíbrio que deveria manter com as outras funções.

A arte e o engenho que permite solucionar problemas tão evidentes e patentes como a necessidade de haver «equilíbrio» entre as funções primordiais da empresa é que nos revela: *o director, o gerente.*

Para resolver o equilíbrio das funções o primeiro passo a dar é um passo técnico: dimensionam-se em números. Depois vem a solução humana: a escolha dos homens que cumprirão o programa.

Exemplifiquemos para este segundo caso algumas dificuldades que surgem por inadequada solução. Imaginemos uma empresa cujo director de vendas é de «dimensão» muito superior ao director de produção, o primeiro será então na empresa uma força potencial de desequilíbrio pois tenderá sempre a obrigar a produzir para lá da capacidade do seu colega e os produtos sairão da fábrica apressadamente, atabalhoadamente, sem controle eficaz e criando mau nome para a casa pela má qualidade da produção.

Virá a seguir a necessidade de satisfazer uma Assistência Técnica avultada aos produtos que retornam à fábrica e que obrigam a desviar da produção mão-de-obra para reparações. Como falta gente na produção, para satisfazer o grande número de pedidos será constrangida ainda mais a fabricação, constituindo-se um ciclo vicioso que pode terminar pelo cancelamento brusco de encomendas por parte dos clientes descontentes e criando uma situação financeira possìvelmente angustiosa, além de outros inconvenientes.

Se esta empresa, quer por razões financeiras, quer de produção ou de investimentos, etc. não pudesse ser totalmente redimensionada para acompanhar a «dimensão» do director de vendas, deveria a gerência *travar* a actividade daquele sob pena de descalabro.

Neste caso até, a razão de perigo vinha duma causa nobre e virtuosa em si como era a de vender mais, mas acima desta está a razão de «equilíbrio» que ocupa sempre o lugar de preferência.

O «Senso da harmonia» que permitirá resolver o problema das funções da empresa, parece-me uma qualidade fundamental que se deve exigir à pessoa que tenha que gerir.

Não se julgue porém que o problema do dimensionamento é tal — que uma vez resolvido já não dá mais quebra-cabeças.

O dimensionamento supõe como vimos 2 aspectos: o técnico e o humano, e basta que mesmo numa fase de estabilidade saia da empresa um elemento chave, para que se levante o problema de refazer o equilíbrio e nalguns casos refazer até o dimensionamento geral da empresa, como pode acontecer especialmente se a organização desta é do tipo «Line» e sendo menos provável se for de tipo «Line and Staff».

Por outro lado a introdução de novas técnicas, a mudança de gostos, a aptidão da concorrência, os grandes blocos económicos, as fusões de empresas, as contingências da política, etc., etc. são para o director objecto constante de estudo e deste estudo derivam necessàriamente as correcções e modificações que ele tem que fazer na empresa para que esta se mantenha pelo menos em igual nível no futuro próximo.

Todavia, se o director deseja manter a sua empresa aproximadamente na mesma dimensão, as correcções a fazer podem não ser de grande monta se as considerarmos em períodos relativamente curtos e sucessivos, mas o somatório dessas correcções no período total acumulado foi certamente grande e por isso, falar de estabilidade, só tem sentido se nos referirmos à dimensão da empresa porque modificações internas houve, e certamente bastantes.

As modificações que certamente se efectuaram na empresa, somadas às variações constantes que todo o sistema sofre por consequência da própria marcha são o fruto de uma actividade de direcção que se chama *a decisão.*

Decisão, Informação e Controle

A decisão é um problema grande. Envolve risco e supõe um espírito de responsabilidade por parte de quem a toma, e se um homem decide habitualmente durante anos, isso prova que ele tem um grande sentido das realidades. Na verdade, para quem decide a equivocação tem que ser acidental, porque se passa a ser normal, a experiência não se pode repetir muitas vezes, como é evidente.

Não podemos esquecer que não é o mesmo decidir numa empresa de 5 pessoas que noutra

onde trabalham 50.000. Nesta última, para decidir é preciso por vezes montar uma estrutura orgânica nalguns casos muito complexa onde não faltam os cérebros electrónicos para descortinar realìsticamente o caminho a seguir.

Ligado ao problema da decisão estão outros dois: o da *informação* e o do *controle*.

A informação, que está na base do processo que leva à formulação de decisões, chega à gerência diária ou mensalmente e dum modo automático prestando conta da eficiência dos serviços controlados.

Fora da informação regularmente prestada, de vez em quando a gerência pede ainda dados sobre esta ou aquela actividade.

Mas deve procurar-se que a informação seja sobretudo automática e regular para se ter mão sobre os seus respectivos encargos, pois que custando sempre dinheiro só se estiver planificada se pode saber quanto vai custar tendo ainda a vantagem de ao mesmo tempo que se assegura um controle constante sobre os serviços se dispor na altura devida de elementos para tomar decisões.

Uma grande parte do êxito do director está também na maneira como ele resolve o problema do binómio «tipo de controle — tempo disponível para controlar», pois sendo tarefa fácil numa pequena empresa, revela génio quando se trata duma muito grande. Por falta de solução adequada, ainda recentemente a General Dinamics (60.000.000 contos de vendas anuais e 105.700 empregados e operários) com fábricas espalhadas por vários sítios dos Estados Unidos, acusou um prejuízo superior a 40 milhões de dólares no exercício de 1961 por ter ficado fora do controle. Espera-se que o novo director saiba resolver este problema.

Mesmo para o tipo de empresa que temos vindo a estudar (30.000 contos de vendas anuais) seria longo tratar a questão de controle, mas como todas as funções daquela têm um reflexo na actividade financeira vejamos em que consiste fundamentalmente aqui esse controle.

Dois factores importantes a ter presente são: o fundo de maneio e o «acid test» a que já nos referimos.

Um controle deficiente sobre aquelas grandezas poderia levar a empresa à falta de solvência dos seus compromissos num momento dado e precipitar nada mais nada menos que uma situação de insolvência que poderia ser o fim da empresa se estranhos lhe não acudissem.

Para que tal se não dê, devem prever-se as oscilações cíclicas do negócio em causa, e com a antecedência devida obter dos organismos de crédito estabelecidos os necessários fundos para a marcha regular da empresa.

Dever-se-à também examinar atentamente a rotação do capital investido e evitar-se-á uma acumulação de stocks de produtos acabados que, para lá do previsto, significa fraqueza de actividade comercial a qual terá que se estimular pelos meios convenientes: propaganda, vendedores, promotores de vendas, etc.

Se apesar de tudo os stocks crescem, pode isto significar um desinteresse por parte do público quer porque os gostos mudaram, quer porque o produto é caro relativamente aos congéneres da concorrência, etc. e tomar-se-ão as medidas necessárias para diversificar a produção ou reduzir os seus encargos.

Ainda no que se refere a armazéns, ter-se-á a devida atenção em verificar que a mercadoria existente no armazém de matérias primas rode toda regularmente, e não haja produtos estagnados que enganam na avaliação do «realizável» para a determinação do valor do fundo de maneio. Comparar-se-ão os *coeficientes* do balanço mensal com os congéneres da concorrência como os que fornece a Dun & Bradstreet, para a determinação da força e vitalidade da empresa assim como do rendimento que se tira do negócio.

Comparar-se-á o orçamento projectado com o real verificado e promover-se-ão aqui e além as correcções convenientes para manter o rumo projectado.

Crescimento

Vejamos agora outro problema que se põe com maior ou menor frequência na vida das empresas: *o crescimento*.

Este, se for lento e gradual dentro do «patamar» da organização estabelecida, não suscita pro-

blemas especiais além dos relacionados com a parte do fundo de maneio possìvelmente mais imobilizada e a eventual falta de espaço para trabalhar ou para armazenagem.

Mas chega o momento em que o crescimento só é viável rompendo esse patamar e então surgem vários problemas.

Um deles é que as despesas de supervisão venham a crescer desproporcionadamente ao aumento relativamente pequeno de produção por necessidade de controle. Então baixam os lucros e pode mesmo perder-se dinheiro.

Muitas vezes para sair desta situação embaraçosa, provoca-se o crescimento brusco da empresa, dando um empurrão forte na sua dimensão.

O crescimento repentino pode também ser provocado por emulação ou forçado por razões de concorrência e outras vezes é motivado pela simples necessidade ou desejo de colocar capitais acumulados.

O aumento do dimensionamento brusco é em primeiro lugar um problema para o director como pessoa, que deve ter de si mesmo uma ideia bastante realista e ser frio na apreciação de si mesmo antes de se lançar num plano de crescimento, sob o perigo de que a empresa o exceda e ele venha a ser vítima da sua obra antes que beneficiário dos seus frutos

O mesmo exame realista deve cair sobre os seus colaboradores directos: poderão eles corresponder às exigências das novas atribuições que lhe vão ser pedidas? Alguns sim outros certamente não.

No último caso começa então uma função difícil que é a de substituição de colaboradores, entrada de novos elementos e remodelação nos quadros de pessoal.

Há susceptibilidades feridas. ou o perigo de as haver, há aqueles que se julgam com direitos mas não têm competência para as novas exigências do cargo e o momento é propício a colisões.

Se não houver cuidado, esses elementos ao sairem da empresa podem promover um mau ambiente exterior precisamente no momento em que na fase débil do crescimento, a empresa mais amparo exterior necessitava.

A «distribuição do tempo» do director tem que ser revista para que, sem perder o controle da empresa, possa acompanhar e orientar o crescimento projectado.

Terá que delegar mais autoridade e responsabilidade nos seus colaboradores e se alguns foram substituídos terá que interessar e motivar os novos elementos para a consecução dos objectivos que se propõe alcançar.

É o momento especialmente apto a *stress*, como dizem os médicos, e no momento em que ao director é pedido o máximo esforço ele sucumbe muitas vezes fìsicamente ao esforço exigido, sendo obrigado a reduzir o número de horas de trabalho, descurando as suas funções de controle e paralelamente a informativa, o que o leva a decisões impróprias, inadequadas e ineficientes.

Um crescimento repentino só muito excepcionalmente não representa um perigo para a empresa, e é então que é mais difícil manter o equilíbrio e harmonia entre as suas funções principais.

Se por razões económicas um crescimento repentino se impõe, é preferível, se for possível, fazê-lo por fusão com outra ou outras empresas existentes, a fazê-lo individualmente.

Neste último caso aparece o problema das «definições de comando». Uma vez que a empresa tem só uma pirâmide de comando, na altura da fusão chocam-se as duas pirâmides existentes.

A fim de evitar colisões é preferível enfrentar este problema antes da fusão uma vez que se apresenta inevitàvelmente. O inconveniente é que o tratamento deste problema antes da fusão dificulta as negociações e pode até rompê-las. Se a questão não foi tratada, dá-se ordinàriamente a resignação, por parte dos chefes da empresa mais fraca assimilada.

O número de fusões que se dão actualmente nos Estados-Unidos e que tem levado à criação de unidades industriais de dimensão colossal e em poucos anos, é prova de que é preferível, para crescer rápido, fundir-se com outra empresa a fazê-lo sòzinho.

A título de exemplo vejamos os reflexos no sector financeiro das dificuldades que aparecem para uma empresa que queira crescer por si só ràpidamente, e não disponha de todo o capital necessário.

A empresa lançará mão de empréstimos a longo prazo que espera pagar com o aumento dos lucros do seu negócio. Ora acontece que os negócios são cíclicos e no período de *boom* em que se expande, há boas promessas de negócios e o dinheiro arranja-se com facilidade.

Acontece que os anos vão passando e depois do *boom* vem cìclicamente a crise, os créditos a longo prazo não pagos transformaram-se em créditos a curto prazo e de repente a empresa pode encontrar-se com um débito à vista impossível de satisfazer tanto mais que é a altura em que os negócios são difíceis.

O «factor cíclico dos negócios» é preponderante e deve ter-se em conta na análise dos problemas de crescimento.

A fim de evitar surpresas seria conveniente que a empresa que decide crescer ràpidamente, assegure contratos a longo prazo que cubram o período de transição para garantir um ingresso de receitas certo na medida das necessidades.

Para lá do crescimento repentino individual, geralmente não recomendável, temos o crescimento contínuo regular que é bom, e de um ponto de vista nacional, necessário como um dever mesmo, atrevo-me a dizer.

Só havendo crescimento das empresas pode o produto bruto nacional aumentar e é bom que aumente para satisfazer as necessidades derivadas do aumento de população e melhorar as suas condições de vida.

Recessão

Em oposição ao crescimento temos o problema da *recessão*, que pode ser motivado por uma crise económica geral ou motivado pela própria pulsação da empresa que se contrai na sua dimensão.

Uma recessão não provocada pelo exterior, isto é, por crise económica, mas sim provocada interiormente, pode traduzir-se num aumento de lucros e é geralmente provocada com essa intenção. Mas cuidado, pode haver perigos como no caso por exemplo de uma empresa que resolve reduzir dràsticamente despesas, na investigação de novos produtos e aperfeiçoamento dos existentes e nos encargos de propaganda, etc.

Baixando as despesas gerais, a empresa marcha por inércia durante um certo tempo capitalizando mais intensamente mas criando a breve trecho uma situação difícil para a sua continuidade se se persiste nesta orientação.

Seguindo esta orientação, um gerente sem escrúpulos que passe provisòriamente por uma empresa e por um período limitado de tempo pode apresentar no período da sua gerência lucros mais avultados que o normal mas deixar a quem venha detrás uma solução difícil senão impossível de resolver.

A recessão provocada é todavia aconselhável por um período curto de tempo, para ajuste interno financeiro, ou de dimensionamento de funções e seu equilíbrio mútuo.

Conclusão

Não queria terminar sem deixar de frisar que nestes poucos problemas que foram apreciados — problemas de direcção na empresa — se procurou de vez em quando enquadrá-los na pessoa do director que os tem que resolver.

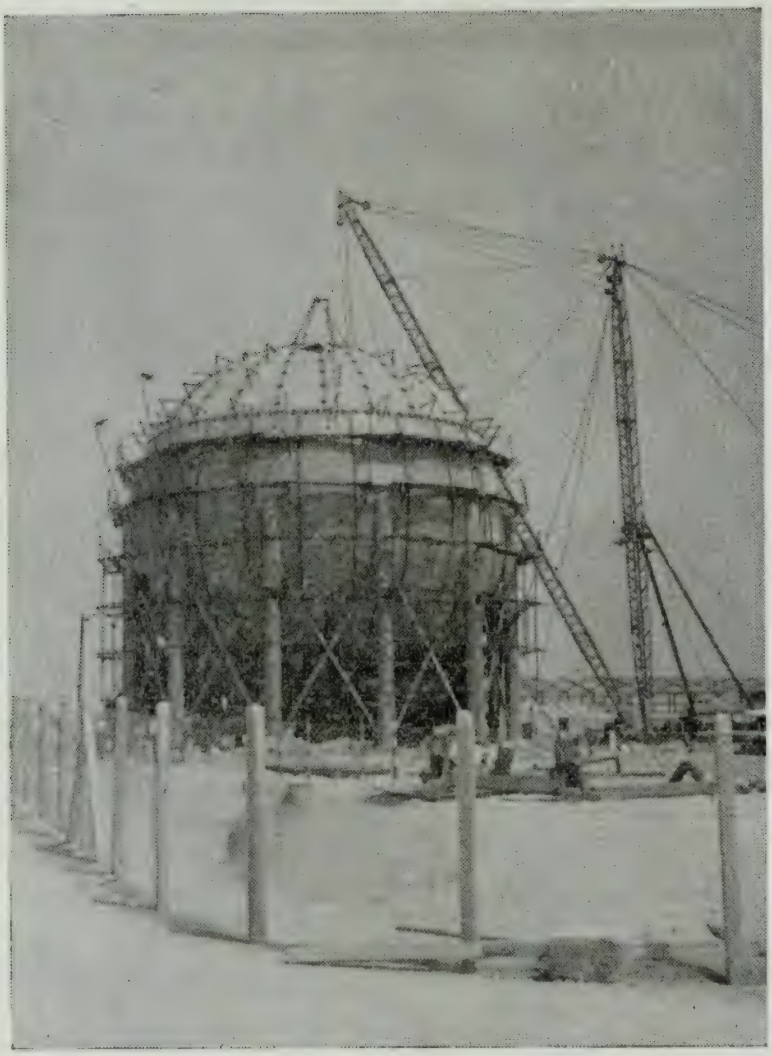
Uma empresa se o é, se tem vida, é porque os homens lha emprestam. Por isso os problemas da empresa se transformam em certa medida em problemas dos homens que as têm que dirigir. Nessa ordem de ideias não quis propositadamente deixar de associá-los para patentear aqui e além a medida da sua íntima correlação.

MAGUE

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS MAGUE, L.DA
(S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA)
Alverca — Portugal

Guindaste eléctrico de 6 t/23 m instalado no cais da Siderurgia Nacional

PROJECTO E FABRICO DE
PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS. DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS



ESFERA

PARA

ARMAZENAGEM

DE

AMONÍACO

AÇOS VAZADOS • FERROS FUNDIDOS
MECÂNICA MÉDIA E PESADA
CONSTRUÇÕES METÁLICAS

comportas
turbinas
condutas forçadas
reservatórios sob pressão
permutadores de calor

REDUTORES DE VELOCIDADE

DIVISÃO METALO-MECÂNICA

COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AV. 24 DE JULHO, 170 — LISBOA 2 — TELEFONES 67 04 21 E 67 20 61 — TELEGRAMAS: METALOFABRIL

C. D. U. 621.314.2.042.

UMA NOVA FORMA DO NÚCLEO DE TRANSFORMADORES: O CANTO 15°

POR ROGÉRIO DA CONCEIÇÃO SERAFIM MARTINS

Engenheiro Electrotécnico Diplomado (I. S. T.)
1.° Assistente do Instituto Superior Técnico
Director ENAE / MOTRA

(Conclusão)

II. Ensaios

2.1 — Objectivo

Pretendia-se verificar experimentalmente qual a modificação provocada nas perdas em vazio de um transformador pela substituição de um núcleo de forma tradicional (canto a 45°) por um de forma nova (canto a 15°).

Limitámo-nos no presente trabalho ao estudo de núcleos monofásicos; é a metodologia corrente, dependendo dos resultados obtidos a conveniência de prosseguir o estudo nos trifásicos.

A comparação que se pretende exige a construção de pares de núcleos «substituíveis» num mesmo transformador do ponto de vista dos enrolamentos e da construção geral, isto é, possuindo a mesma secção de ferro e as mesmas dimensões de janela. A única diferença entre os dois núcleos de um mesmo par reside na forma dos cantos. Por comodidade de expressão, designamos por «experiência» o conjunto de ensaios realizados sobre um mesmo par de núcleos.

Os dois núcleos de um par são providos de enrolamentos idênticos e construídos com chapa de um mesmo rolo, assegurando igualdade de características.

Cada ensaio é de realização muito simples: o enrolamento primário é alimentado por uma tensão alternada sinusoidal, de frequência 50 Hz e amplitude regulável; dentro de uma gama de tensões que corresponde com largueza à gama de induções normais nos transformadores de potência são medidos os valores da tensão e da potência absorvida (a primeira por meio de um voltímetro aos terminais do enrolamento secundário, a segunda por um wattímetro cuja bobine de corrente é atravessada pela corrente primária e cuja bobine de tensão está ligada aos terminais do secundário). O valor exacto da potência é obtido por uma correcção que a medição prévia das resistências possibilita; mede-se ainda a corrente primária e oscilografam-se as curvas da tensão e da corrente. A multiplicação dos ensaios permite a anulação de erros furtuitos.

A solução do problema proposto é constituída pela confrontação das curvas potência-tensão dos dois núcleos de uma experiência.

Realizámos duas experiências. A primeira sobre núcleos de dimensões industriais (correspondendo a transformadores da ordem de grandeza dos 1000 kVA, 30 kV), a segunda sobre núcleos de dimensões laboratoriais (correspondendo a transformadores da ordem de 1000 VA, 1 kV). Embora certas dificuldades de execução se tenham encontrado no primeiro caso, pareceu-nos não se dever desprezar a vantagem de se terem conduzido ensaios à escala industrial.

2.2 — Descrição dos núcleos ensaiados

2.2.1 — Os núcleos utilizados nas duas experiências foram cortados de chapa de cristais orientados hipersil, fabrico «Armco», de um rolo com 1.279 kg, largura 760 mm e espessura 0,35 mm.

O boletim de ensaio do fabricante indica para as perdas à indução de 15.000 Gauss e frequência de 50 Hz o valor 1,13 w/kg, o que classifica a chapa como de qualidade M7X embora na zona fronteira com M6X (que começa em 1,12 w/kg). A chapa desta zona de perdas é frequente na utilização industrial.

Admite-se que as características da chapa antes de trabalhada são as indicadas no catálogo «Armco oriented electrical steels», 5.ª edição, 1959; designá-las-emos por «características laboratoriais». (G).

2.2.2 — *Núcleos da primeira experiência*

Estes núcleos foram construídos segundo o desenho *I* (Fig. 13).

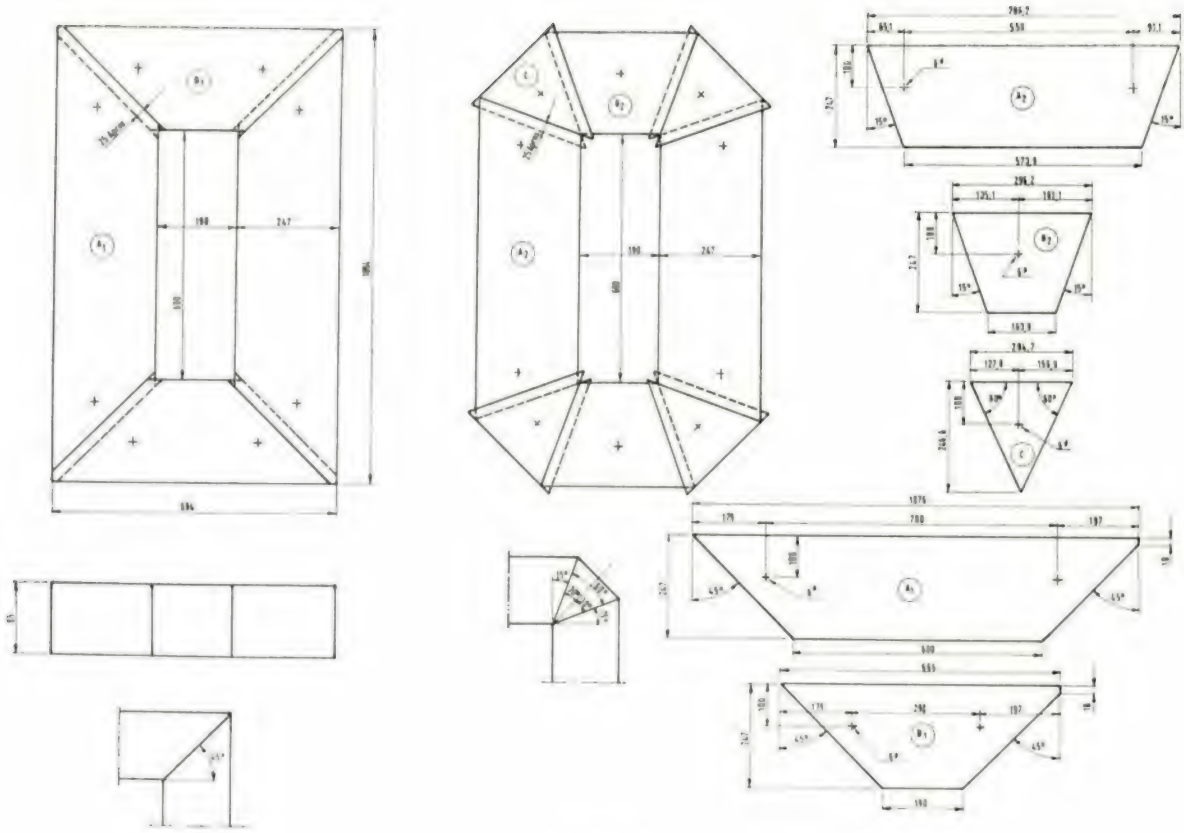


Fig. 13

As fotografias 1 e 2 mostram-no-los em curso de empilhagem. A fotografia 3 mostra o pormenor essencial da forma nova de núcleo, isto é, o canto a 15°.

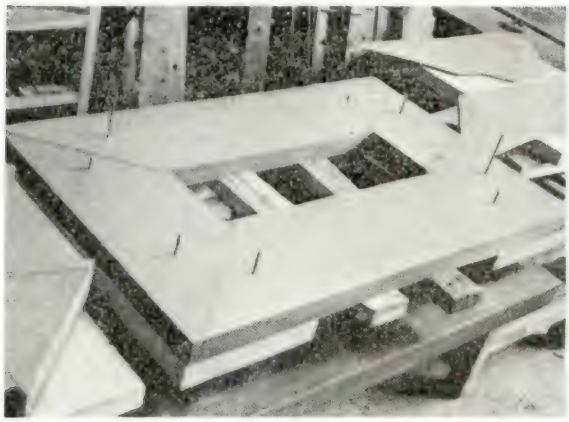


Foto 1

Foto 2

A empilhagem é do tipo 2-2: a cada duas camadas de chapa com a mesma disposição seguem-se duas outras com disposição transposta, de modo a obter-se a sobreposição nas juntas. A largura de sobreposição é cerca de 25 mm.

A furação foi reduzida ao mínimo, de modo a tornar desprezível a diminuição de secção do núcleo e a consequente alteração na distribuição do campo magnético. O diâmetro de furação, 6 mm, é com efeito apenas cerca de 2,5 % da

Foto 3

largura mínima da chapa. Os pernos (5 mm de diâmetro, isolados por tubos de papel de 0,3 mm de espessura) servem para acompanhar a chapa permitindo uma boa empilhagem.

A chapa dos dois núcleos pesa:

Peso do núcleo a 45°: $\Pi_{45} = 387{,}0$ Kg.
Peso do núcleo a 15°: $\Pi_{15} = 342{,}5$ Kg.

A relação dos pesos é:

$$r\pi_{45/15} = 1{,}130$$

O número de chapas por coluna é 231. Sendo a espessura média 0,35 mm e tendo-se observado a cota 85 mm indicada no desenho (espessura do núcleo), verificada por medição depois do núcleo apertado, conclui-se que o coeficiente de empilhagem é:

$$f = 0{,}95$$

O aperto, que permitiu este coeficiente, foi assegurado pelas longarinas de madeira, de largura superior à da chapa, utilizando-se os pernos de acompanhamento para o aperto bem como os calces interiores das bobines ao longo das colunas.

Seria eventualmente possível subir o coeficiente de empilhagem para 0,96 ou mesmo 0,97 por meio de um aperto superior, mas isso exigiria a furação das colunas para a aplicação de pernos de aperto e placas de aperto, o que traria consigo o inconveniente de diminuir a secção útil e alterar a distribuição do campo, piorando as características operacionais; por isso se optou pela solução apresentada [aliás concordante com tendências que se verificam actualmente em alguns construtores (L), (H)].

Das dimensões da chapa, espessura de empilhagem e coeficiente de empilhagem, obtém-se para *secção útil* dos núcleos o valor:

$$S = 200 \text{ cm}^2$$

Cada núcleo tem montada, em cada coluna, uma bobine primária e outra secundária, construídas com a mesma barra (secção nua 19,8 × × 2,2 mm) isolada a papel, ambas de camada simples, e com o mesmo número de espiras: 24. Todas as pontas são acessíveis.

As dimensões interiores da bobine primária são 100 × 260 mm. O comprimento das bobines é 510 mm, assentando directamente nas longarinas, de madeira tratada.

A resistência das bobines secundárias é da ordem dos 10 miliohm, e totalmente desprezível em face da resistência do wattímetro.

A fotografia 4 mostra os dois núcleos com as bobines montadas.

Foto 4

A execução do corte a 45° não levantou dificuldades oficinais, visto que este corte é normal e se possuem ferramentas (conjuntos punção-

-matriz) especialmente concebidas para o corte dos topos à prensa. Pelo contrário, o corte a 15° deparou com certas dificuldades, pela ausência de uma ferramenta de corte apropriada, e teve de ser realizado não em prensa, como seria de desejar, mas em guilhotina com a chapa guiada em ângulo conveniente. Esta guiação é difícil de assegurar com rigor, sobretudo nos triângulos de canto. Daqui resultou que as juntas dos cantos a 15° vieram a verificar-se superiores às dos cantos a 45°, não havendo paralelismo completo das arestas adjacentes (topo a 15° da chapa de coluna com lado de triângulo) mas um ligeiro ângulo dando origem a um entreferro de largura crescente. A fotografia 5 põe este facto em evidência.

Foto 5

Este defeito de execução desaparecerá normalmente em regime industrial, pelo apetrechamento fabril com conjuntos punção-matriz adequados, mas no caso das presentes experiências não foi possível encarar a utilização destes meios, por dispendiosos.

Podemos admitir que cada entreferro (circulando ao longo de uma camada de empilhagem) tem o valor médio no núcleo 45° de $\delta \approx 0{,}1$ mm e no núcleo 15° de $\delta \approx 0{,}2$ a 0,3 mm. Por outro lado, pela sua concepção, o núcleo 15° tem 8 entreferros em vez dos 4 do núcleo 45°; donde ser lícito concluir que o entreferro total no núcleo 15° é cerca de 4 a 6 vezes superior ao do núcleo 45°. É este valor relativo que importa sublinhar.

Com efeito, embora este entreferro de camada seja curto-circuitado pela empilhagem alternada, com camadas dispostas de modo a assegurar uma suficiente sobreposição das chapas, os seus efeitos estão longe de serem desprezíveis.

Uma grande parte do fluxo, aliás mais ou menos importante conforme o valor da indução está mais ou menos afastado do da saturação magnética, fecha-se de facto pelas chapas sobrepostas, evitando o ar, mas vai crear por um lado um aumento local do vector indução magnética e por outro obrigá-lo a conter nas zonas de travessia uma componente transversal. O resto do fluxo atravessa o ar (C). Daqui resulta um aumento da potência magnetisante requerida, motivado pela tríplica razão de haver $\bar{B}$ no ar, nas chapas o $\bar{B}$ longitudinal ser maior e haver um $\bar{B}$ transversal; este efeito é aliás fortemente influenciado pelo nível de indução (Q) diminuindo a sua importância relativa à medida que esta aumenta.

No que respeita às perdas magnéticas, dá-se também um agravamento, comparativamente menos importante, que é motivado quer pelo facto da componente longitudinal de $\bar{B}$ ter aumentado nas chapas, quer pelo facto da componente transversal atravessar a chapa numa direcção perpendicular à de laminagem, em que as propriedades magnéticas são piores (R).

Estes agravamentos aumentam com a importância das juntas e hão-de ser portanto mais sensíveis, no presente caso, no núcleo 15° que no núcleo 45°. Isto foi confirmado pelos ensaios. (Veja-se Apêndice B).

2.2.3 — *Núcleos da segunda experiência*

Nos segundos núcleos, de dimensões nìtidamente diferentes, procurou-se diminuir, quanto possível, o efeito de dificuldades de construção.

Este objectivo impunha o desaparecimento total de furação e a obtenção de entreferros de camada tão bons no núcleo a 15° como no núcleo a 45°. A eliminação da furação não punha problema ao empilhamento, que não exigiu guiamento dado o reduzido das dimensões, mas sim ao aperto. Este obteve-se recorrendo a aparelhos de aperto exterior, actuando sobre longarinas de largura superior à da chapa. No que diz respeito às juntas aproveitou-se a vantagem da relativa estreiteza das chapas para conseguir maior paralelismo nas arestas de chapas confrontantes nos cantos a 30°, de forma a não haver diferença entre este entreferro e o do canto a 45°. O valor

do entreferro da camada situa-se assim quer num caso quer noutro à roda de $\delta \approx 0{,}1$ mm.

Os núcleos foram realizados segundo o desenho II (Fig. 14). Os princípios gerais da sua concepção são os mesmos do desenho anterior: os dois núcleos apresentam a mesma secção útil e as mesmas dimensões de janela, só diferindo na forma dos cantos. A empilhagem é do tipo 2-2; a sobreposição é aqui ligeiramente menor (cerca de 15 mm), mas representa uma proporção maior

Não é de estranhar que este valor seja superior ao obtido na primeira experiência dado a diferença entre os sistemas de aperto empregados. A secção útil nos núcleos é:

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

As bobines, de camada única, foram realizadas com fio de cobre de diâmetro 2,20 mm, isolado a papel. O enrolamento primário é constituído

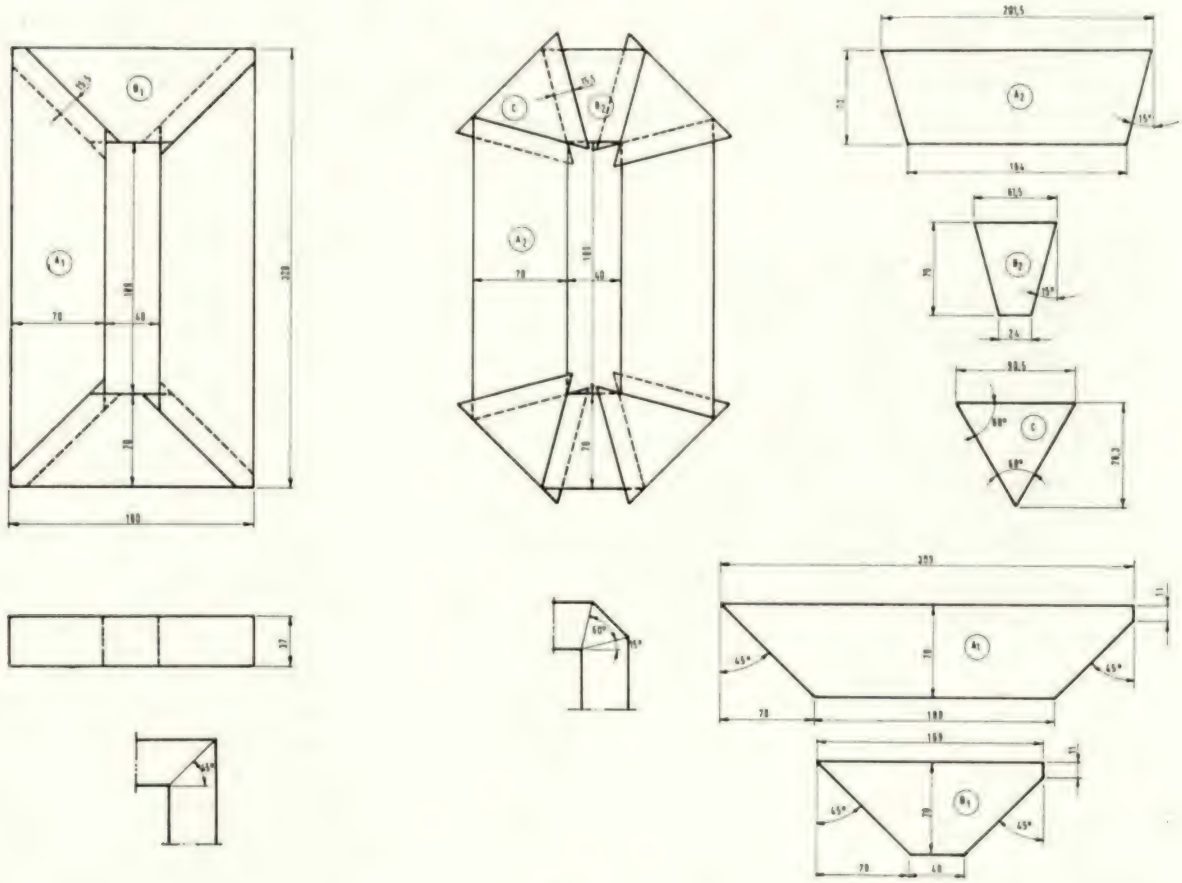


Fig. 14

do percurso médio do núcleo que no caso anterior.

Os pesos dos dois núcleos são:

Peso do núcleo a 45°: $\Pi_{45} = 13{,}6$ kg
Peso do núcleo a 15°: $\Pi_{15} = 12{,}3$ kg
a relação dos pesos é: $r_{\pi_{45\,15}} = 1{,}105$

O número de chapas por coluna é 102. Verificou-se a espessura do núcleo de 37 mm, o que dá para coeficiente de empilhagem

$$f = 0{,}965$$

pelas duas bobines interiores, ligadas em série; o secundário pelas exteriores, também ligadas em série; o número de espiras de cada enrolamento é 100. O equipamento das bobines é 128 mm, sendo o restante espaço livre da janela preenchido com calces de encosto às longarinas; as bobinas primárias têm 50 × 85 mm de dimensões interiores.

A resistência dos enrolamentos secundários é da ordem dos 0,2 Ω, desprezível em face da resistência interna da bobine de tensão do wattímetro.

As fotografias 6 e 7 mostram os dois núcleos com as ligações para ensaio.

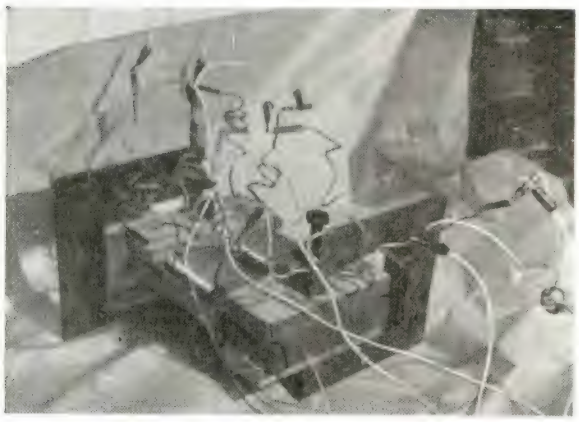


Foto 6

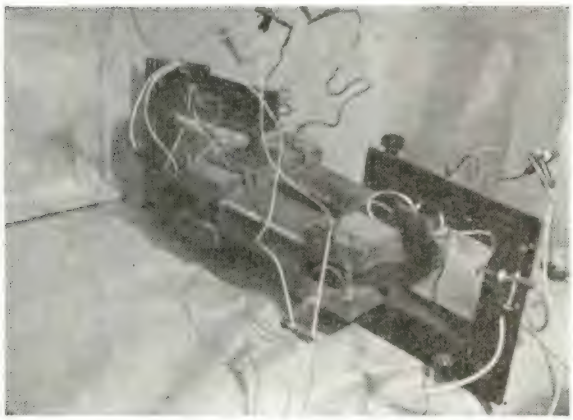


Foto 7

2.3 — Esquema de ligações e aparelhagem usada

2.3.1 — Para as experiências propostas a tensão de alimentação devia ser regulável numa zona muito extensa mantendo sempre uma forma de curva tão próxima quanto possível da sinusoide, à frequência de 50 Hz.

Escolheu-se por isso como órgão regulador um transformador de relação de transformação variável, com indução de trabalho baixa, alimentado entre duas fases por um transformador trifásico ligado à rede de distribuição a 10 kV, de fabrico «Enae», potência 60 kVA, fornecendo em vazio 190 V entre fases, o qual durante os ensaios não tinha mais nenhuma carga.

O transformador variador é monofásico de fabrico «Koch & Sterzel», potência 20 kVA, primário 190 V, secundário variável de modo contínuo entre O e 190 V (o sistema de variação emprega roletes de carbono como contactos móveis).

Com este equipamento conseguiu-se que a forma da curva da tensão mantivesse a forma da tensão da rede (dos 10 kV), muito aproximadamente sinusoidal, qualquer que fosse o ponto de regulação, o que era verificado pelo oscilógrafo (vide Apêndice A).

2.3.2 — Na fig. 15 apresenta-se o esquema de ligações.

No caso da segunda experiência, com as bobines homólogas das duas colunas ligadas em série

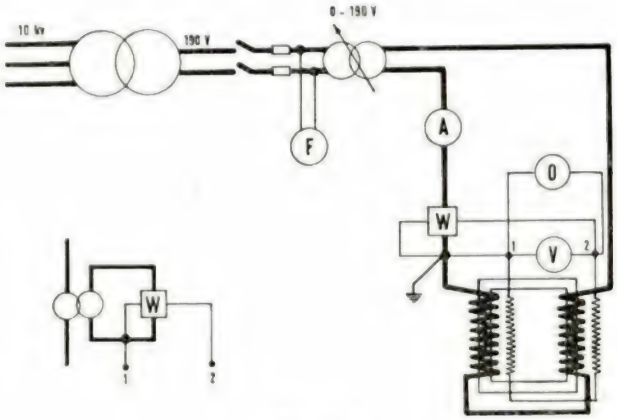


Fig. 15

este esquema corresponde exactamente ao executado. No caso da primeira experiência, é de notar uma alteração: as bobines homólogas trabalharam independentemente, de forma que as bobines de uma coluna estavam fora dos circuitos enquanto nas da outra coluna se alimentava a primária e utilizava esta e a secundária para as medições. Repetia-se o ensaio transferindo as ligações, em seguida.

A razão deste facto é meramente de ordem construtiva. Para que a zona de induções em que se pretendia trabalhar correspondesse a uma zona cómoda de tensões, o número de espiras do enrolamento devia ser relativamente baixo; num enrolamento com duas metades em série, uma por coluna, tinha-se em cada uma um número tão baixo de espiras que para a bobinagem cobrir toda a coluna como se pretendia era necessário usar barra muito larga. É isso que de facto se faz nos transformadores industriais destas dimen-

sões, mas essa bobinagem é cara e não havia vantagem em ir para essa solução. Deste modo recorreu-se a uma barra mais estreita, de modo que cada bobine tivesse o número total requerido de espiras. Estas bobines procuraram-se fazer iguais; quer a diferença de resistências, da ordem da centésima de miliohm, quer a de dimensões, são muito pequenas.

Daqui provém que o seu comportamento energético no circuito é pràticamente o mesmo, como comprovaram os valores de perdas obtidas nos ensaios das duas colunas. Não se ligaram as bobines homólogas em paralelo, todavia, porque uma ligeira assimetria de impedância daria lugar a uma assimetria na distribuição de correntes, que se quiz impedir.

Este problema de dimensionamento não existe nos núcleos da segunda experiência, que têm por isso as bobines homólogas ligadas em série.

De notar ainda que na primeira experiência é necessário introduzir, acima de certo ponto, um transformador de intensidade no circuito de corrente, para poder ligar o wattímetro.

2.3.3 — Utilizou-se um wattímetro de baixo factor de potência, de fabrico «Sensitive Research Instrument», classe 0,5. A resistência do circuito de tensão nas escalas de trabalho (150 V ou 300 V) é, respectivamente, 33.330 Ω ou 66.660 Ω, em face da qual se justifica o desprezo da resistência das bobines secundárias em qualquer das experiências.

O voltímetro usado é electrónico, de fabrico «Philips», classe 2 aos 50 Hz. Escolheu-se devido à elevada impedância interna, da ordem dos 500 megaohm a esta frequência. A indicação das escalas é o valor eficaz da tensão para formas de curva sinusoidais.

O transformador de medida de corrente usado na primeira experiência, de 25 VA, é de fabrico «Weston», para funcionamento entre os 25 e os 133 Hz, e relações de transformação 10, 20 e 40, para uma corrente máxima secundária de 5 A, que é o valor nominal máximo da corrente do wattímetro.

Na primeira experiência, em que a intensidade da corrente sobe a dezenas de ampères, usou-se um amperímetro electromagnético, «Hartmann e Braun», de classe 0,5 e escalas até 100 A. Na segunda experiência usou-se um amperímetro electrodinâmico, da mesma marca e classe, com escala até 5 A, instrumento mais adequado dada a forma da curva da corrente (vide Apêndice A).

A frequência era verificada num frequencímetro «Hartmann e Braun», sendo as medições efectuadas aos 50 Hz.

Os condutores empregados nas ligações de tensão são do tipo blindado, com as blindagens ligadas à terra.

2.4 — Resultadas experimentais

2.4.1 — *Valores medidos*

A delimitação da zona de regulação de tensão, em cada experiência, teve em mira obterem-se nos núcleos induções desde um valor francamente abaixo das mínimas até um valor superior às máximas usuais na construção moderna de transformadores.

Eis os valores obtidos (vide Apêndice A), sendo V os da tensão secundária e P os corrigidos da potência:

Primeira Experiência

	Núcleo 45°	Núcleo 15°
V	P	P
100 V	220 W	212 W
110	271	257
120	325	308
130	395	366
135	426	383
140	457	417
145	491	448
150	513	465
155	557	503
160	590	530
165	626	561
170	678	605
175	720	635
180	750	673
185	795	711
190	831	744

Segunda Experiência

	Núcleo 45°	Núcleo 15°
V	P	P
60 V	11,4 W	10,6 W
65	13,3	12,4
70	15,3	14,3
75	17,7	16,4

V	Núcleo 45° P	Núcleo 15° P
80	20,3	18,5
85	23,1	21,0
90	26,3	23,6
95	30,2	26,9
100	35,3	31,2

(Sobre os valores das correntes, que não interessam directamente ao objectivo do ensaio, Vide Apêndice A).

2.4.2 — *Valores calculados*

Os valores calculados para a interpretação dos resultados são a indução, as perdas específicas e a relação das perdas totais.

A indução aparente no núcleo calcula-se pela aplicação imediata da lei da indução electromagnética, que neste caso toma o aspecto

$$V = 4{,}44\ f\ n\ S\ B\ .\ 10^{-8} \qquad (1)$$

vindo V, valor eficaz de tensão secundária, em Volt; f em Hertz; S, secção do ferro do núcleo, em cm^2; e B, valor máximo num ciclo da indução magnética, em Gauss. A fórmula supõe que a forma da curva de tensão é puramente sinusoidal, o que se verificou (Vd. Apendice A); para tal concorreram as precauções já referidas, além do facto da chapa orientada respeitar bem, na zona de induções em que se trabalha, a pureza da curva [cf. (C) ou (N)]. Sobre o significado preciso de B, veja-se o Apendice A.

Quanto a V, o facto de se medir a tensão aos terminais do secundário elimina os termos que, embora muito pequenos, a separam da tensão aplicada ao primário (queda ohmica no enrolamento de alimentação e tensão de dispersão).

Substituindo valores, a equação (1) toma a seguinte forma: para a primeira experiência, B = 93,8 V; para a segunda experiência, B = = 180,6 V.

O cálculo das perdas específicas, em watt/kg, tem interesse para a análise dos resultados.

A relação das perdas totais é o próprio resultado dos ensaios.

Seguem-se os valores calculados:

Primeira experiência

V	B	Núcleo 45° p	Núcleo 15° p	Relação de perdas totais r_p
100 V	9380 Gauss	0,57 w/kg	0,62 w/kg	1,04
110	10300	0,70	0,75	1,05
120	11250	0,84	0,90	1,05
130	12200	1,02	1,07	1,08
135	12650	1,10	1,12	1,11
140	13100	1,18	1,22	1,10
145	13600	1,27	1,31	1,10
150	14080	1,33	1,36	1,10
155	14530	1,44	1,47	1,10
160	15000	1,52	1,55	1,11
165	15470	1,62	1,64	1,12
170	15940	1,75	1,77	1,12
175	16400	1,86	1,86	1,13
180	16900	1,94	1,97	1,11
185	17350	2,05	2,08	1,12
190	17800	2,15	2,17	1,12

Segunda experiência

V	B	Núcleo 45° p	Núcleo 15° p	Relação de perdas totais r_p
60 V	10840 Gauss	0,84 w/kg	0,86 w/kg	1,07
65	11720	0,98	1,01	1,07
70	12640	1,12	1,16	1,07
75	13550	1,30	1,33	1,08
80	14450	1,49	1,50	1,10
85	15350	1,70	1,71	1,10
90	16250	1,93	1,92	1,11
95	17150	2,22	2,19	1,12
100	18060	2,60	2,54	1,13

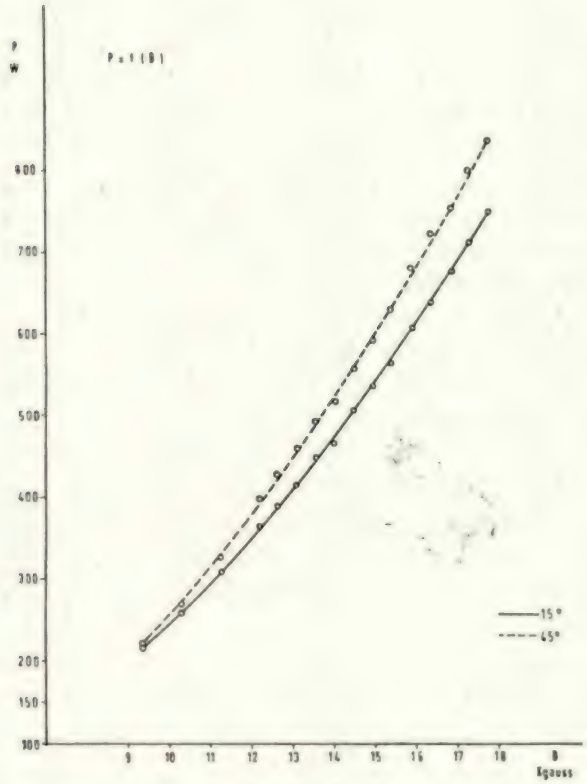
2.5 — *Análise dos resultados obtidos*

2.5.1 — O resultado imediato das experiências concretiza-se nas curvas de perdas totais em função da indução, respectivamente curvas 1 e 2 para os núcleos da primeira e da segunda experiência.

Delas se extraem no terceiro capítulo as conclusões que se oferecem, mas convirá fazer antes uma breve análise com base em dados experimentais.

2.5.2 — O cociente entre as perdas totais do núcleo 45° e as do núcleo 15° varia, na primeira experiência, de 1, 04 a 1,12 ou 1,13, crescendo regularmente desde o valor mais baixo, na zona dos 9.500 Gauss, até ao mais elevado, a partir de cerca dos 15.500.

Como a relação dos pesos dos dois núcleos é 1,13, isto significa que as perdas específicas do núcleo 15° são nìtidamente piores que as do núcleo 45° nas induções mais baixas, indo melhorando até serem só ligeiramente superiores nas induções acima dos 15000 Gauss. As curvas 3 apresentam estas perdas específicas em função da indução, mostrando este facto.



Curvas 1

Juntamente com essas curvas traçou-se a das perdas laboratorais; o agravamento das perdas oscila entre os 45 % e os 15 %, o que está de acordo com os valores habituais para chapa não recozida após o trabalho mecânico. O maior valor das perdas específicas no núcleo 15° é de atribuir-se sobretudo ao efeito das juntas, piores que as do outro núcleo (veja-se Apêndice B, 1).

Este facto é confirmado pelas curvas 4, que representam as perdas específicas nos núcleos da segunda experiência.

Estes núcleos têm juntas quase equivalentes; as perdas específicas são pràticamente coincidentes. (Isto não significa que também do ponto de vista da potência magnetisante as juntas tenham os mesmos efeitos; veja-se Apêndice B, 2).

De notar todavia que as perdas específicas dos núcleos mais pequenos são maiores que as dos núcleos da primeira experiência, o que se explica pelo facto de as suas dimensões serem muito mais reduzidas, manifestando-se relativamente com mais intensidade as causas do agravamento das perdas que não puderam ser reduzidas na mesma proporção. Este pioramento das perdas dá-se assim ao longo de toda a zona de induções.

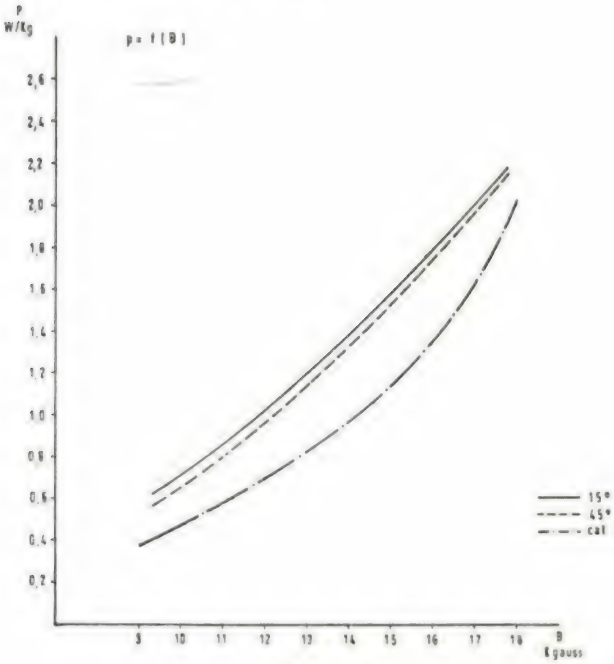
2.5.3 — Parece portanto concluir-se que a alteração de forma do núcleo que o núcleo 15° veio introduzir em relação ao núcleo 45° *não alterou as perdas específicas* da chapa; o que se poupa em chapa poupa-se portanto em perdas, vencidos certos problemas de construção.

Curvas 2

Este resultado deve todavia ser aprofundado, porque, nos núcleos menores, na zona das induções altas, a melhoria de perdas totais verificada é superior à deminuição de peso do núcleo. Acima dos 16.000 Gauss determinaram-se com efeito melhorias de 11 a 13 %, sendo a relação de peso dos núcleos apenas 1,105. Só ensaios posteriores poderão confirmar a generalização deste facto, e defini-lo com mais precisão.

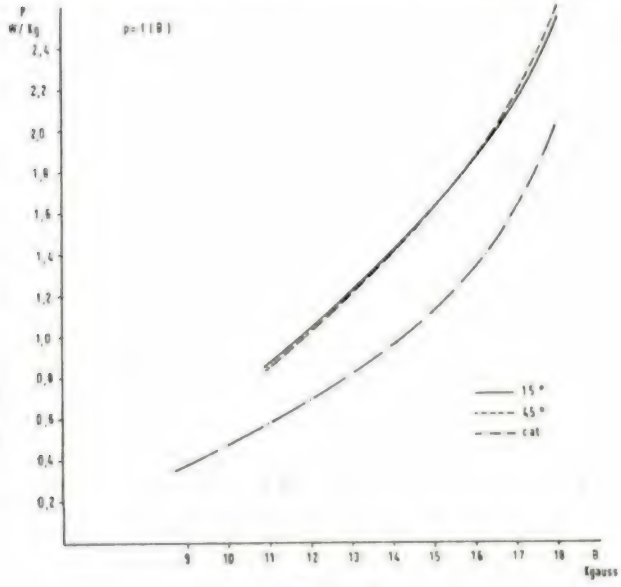
III. Conclusões

3.1 — A comparação das perdas totais do núcleo de canto a 45° com o novo núcleo de canto a 15°, expressa nas curvas 1 e 2, revela uma *diminuição de perdas no novo núcleo* que, na zona de induções normais de trabalho em transformadores de potência, entre os 13 e os 18 kilogauss, se cifra *entre 10 a 12 %*.



Curvas 3

Estes números são muito significativos, porque representam um progresso da mesma ordem de grandeza que os anteriormente efectuados. Com efeito, a introdução do corte a 45° melhorou as perdas, em relação ao corte a 90°, entre 10 a 15 %, e o recozimento da chapa melhora-as também, conforme o tipo de corte, segundo números dessa mesma ordem.



Curvas 4

A demonstração experimental da vantagem do novo núcleo, sob o ponto de vista das perdas, sobre a forma tradicional ficou feita.

3.2 — O novo núcleo representa também, em comparação com o núcleo tradicional, uma *economia de chapa magnética*. Sob este aspecto, há verdadeira inovação: ao passar-se do corte 90° para para o corte 45° melhoraram-se as perdas, mas continuou gastando-se o mesmo ferro, ou em rigor mais, atendendo aos desperdícios. Agora, há simultâmeamente melhoria de perdas e poupança de chapa.

Ambas as melhorias se traduzem por números da mesma ordem de grandeza, visto as perdas específicas se manterem pràticamente iguais às verificadas no núcleo a 45°.

3.3 — Os resultados obtidos mostram que vale a pena prosseguir o estudo com esta solução de núcleo para o núcleo trifásico de colunas. O projecto da coluna central exige especial cuidado.

É de esperar que os coeficientes de melhoria de perdas sejam menores, como o de economia de chapa; mas uma «diminuição das perdas mesmo só de poucos por cento tem já um grande significado económico» (A).

Esta observação mostra a vantagem da adopção desta solução, mesmo apesar de se esperar que os progressos da metalurgia venham a traduzir em fabrico industrial dentro de um certo número de anos a chapa duplamente orientada, ou de textura cúbica perfeita, que foi obtida já em certos laboratórios [cf. (A), (AC)]. No caso da chapa de Goss, mediou uma boa dúzia de anos entre a sua obtenção laboratorial e a sua produção em escala industrial nos Estados Unidos; e dos Estados Unidos à sua utilização na Europa outro tanto tempo. Quanto demorará a chapa duplamente orientada?

É impossível responder a esta pergunta, mas mesmo admitindo um encurtamento para metade destes prazos, provocada pela aceleração do progresso técnico, temos à nossa frente à roda de dez anos com utilização exclusiva da chapa imperfeitamente orientada de que agora dispomos.

Este prazo é mais que suficiente para valer a pena procurar e utilizar soluções que tirem o melhor partido das propriedades desta chapa, diminuindo as perdas dos núcleos com ela construídos.

3.4 — Os problemas construtivos levantados pelo núcleo 15° não são abordados aqui em pormenor, bastando mencionar que não parecem ser obstáculo sério à sua adopção.

Estes problemas são de duas espécies. A primeira refere-se ao corte; a segunda à montagem.

Quanto ao corte é preciso distinguir se o dispositivo fabril utiliza apenas tesouras guilhotina, ou se incorpora já, de acordo com a técnica mais recente, a tesoura circular. No primeiro caso, as chapas são cortadas a partir de rectângulos, com um comprimento máximo imposto pelo comprimento da lâmina, normalmente 1,5 m a 2 m; no segundo, a partir de tiras com o comprimento de vários centos de metros. Quanto às chapas trapezoidais, obtém-se maior desperdício no corte 45° que no corte 15°, adoptando a primeira das soluções fabris indicadas, e menor adoptando a segunda. Quanto às chapas triangulares, obtém-se algum desperdício na primeira solução, e nenhum na segunda. Sob este ponto de vista, portanto, a introdução do corte 15° revela-se mais favorável, ou quanto muito idêntica ao corte 45°. No que respeita à efectivação do corte, o problema resolve-se com ferramenta de corte adequada, semelhante bàsicamente à que já se usa para o corte 45°.

Quanto à montagem, o problema suscitado é o do aperto das chapas, e da correspondente rigidez mecânica do núcleo. Mas trata-se de um problema que os fabricantes estão habituados a resolver recorrendo às técnicas de furação, dispositivos de aperto exterior, uso de fibras sintéticas ou colagem Cf. (U) (V). A escolha da técnica a utilizar por cada fabricante e a concepção particular que concretizará essa escolha, dependem de vários factores, e será possível por isso vir a encontrar soluções distintas; o que se quere frizar é que essas soluções não precisarão afastar-se do que é comumente realizado pela indústria. Com o que há a contar, isso sim, é com um agravamento da mão de obra na montagem.

3.5 — Parece portanto que se podem resumir as conclusões deste modo: o canto 15° é uma solução de núcleo de transformadores que representa um progresso incontestável e de certa monta em relação às formas tradicionais de núcleo.

O juízo de Pawlek... «nos grandes transformadores tudo está feito para evitar direcções magnèticamente desfavoráveis» (A) revela-se portanto prematuro; agrada-nos pensar que foi numa pequena fábrica dum pequeno país que essa revelação se verificou.

Apêndice A

Observações aos ensaios

1. — Forma das curvas

Usou-se o oscilógrafo «Siemens» Oscillarzet.

A fotografia 8 mostra a curva da tensão, que se manteve constante, em qualquer das experiências, ao longo da zona de regulação de tensão.

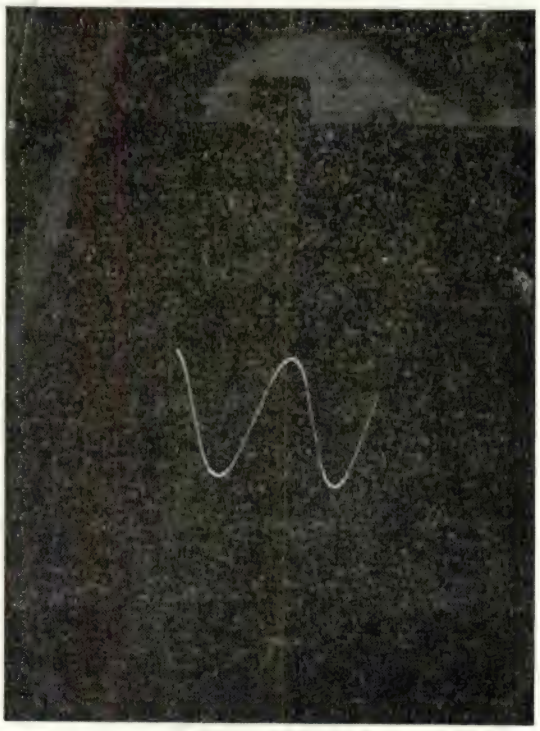


Foto 8

A resistência dos enrolamentos primários é tão deminuta que não afecta a curva de tensão secundária, igual à da tensão aplicada ao primário.

A curva da corrente contém todavia percentagem assinalável de harmónicas. As fotografias

9 e 10 mostram a corrente respectivamente no núcleo 45° e no núcleo 15°, da segunda experiência, no extremo superior da zona de regulação de tensão, 100 V (que corresponde a uma indução aparente no núcleo da ordem dos 18 000 Gauss).

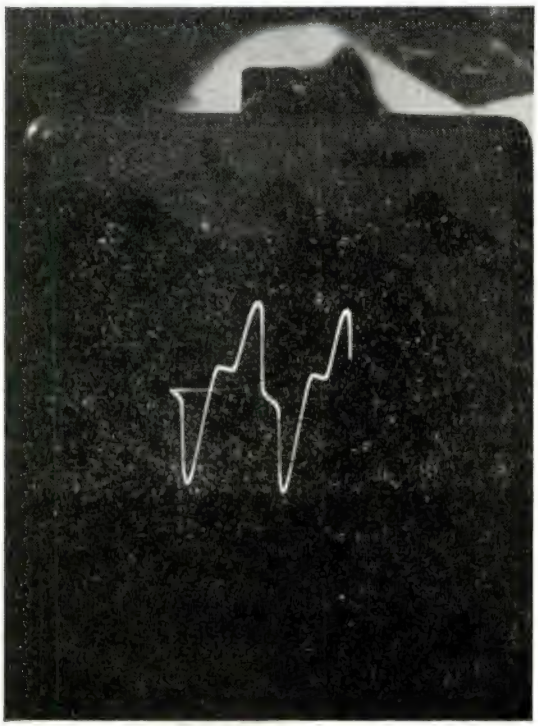


Foto 9

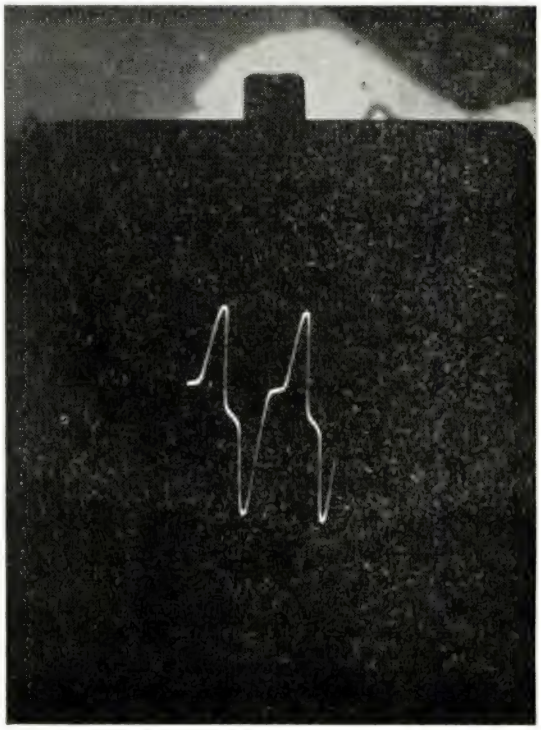


Foto 10

2. — Valores medidos

Os valores indicados são a média dos obtidos nos vários ensaios de que constou cada experiência (4 por núcleo, incluindo o desdobramento por coluna na primeira experiência). A diferença entre um valor individual mais afastado e a média dos correspondentes, considerando a totalidade dos conjuntos de valores das duas experiências, registou o máximo de 1,2 %, oscilando na maioria dos casos à roda dos 0,5 %.

Os valores de V são dados por leitura directa do voltímetro, os de P são corrigidos de um termo subtractivo, E^2_{2k}/R. O valor máximo deste termo é, na primeira experiência, 0,7 W, e na segunda, 0,3 W (respectivamente para os 150 V e os 100 V), ou seja, 0,2 % e 0,8 % dos valores lidos, percentagens inferiores aos erros dos instrumentos.

A corrente foi medida na primeira experiência com um amperímetro electromagnético, com boa resposta até aos 150 Hz; dada a curva da corrente, os valores lidos contém um erro apreciável (uma comparação de instrumentos, feita sobre os núcleos da segunda experiência, mostrou que este erro oscila entre os 5 e os 18 %). Não tem por isso interesse registar estes valores, bastando, para dar uma ideia da ordem de grandeza, mencionar que os valores máximos, aos 190 V, são da ordem dos 35 A no núcleo 45° e dos 60 A no 15°. A determinação exacta das correntes seria necessário para o estudo rigoroso da potência magnetisante pedida pelos dois núcleos, que não realizámos, visto as dificuldades com as juntas nos núcleos maiores comprometerem de antemão os resultados.

Na segunda experiência, a corrente foi medida com um amperímetro electrodinâmico, de boa resposta às harmónicas elevadas, sendo os seguintes os valores obtidos:

V	Núcleo 45° I	Núcleo 15° I
60 V	0,45 A	0,79 A
65	0,65	1,11
70	0,87	1,61
75	1,20	2,22
80	1,60	3,05
85	2,08	3,92
90	2,69	4,98
95	3,64	—

3 — Valores calculados

Qual o significado preciso de B?

Tal como se calcula, B é o valor médio (entendido no espaço) dos valores da indução máxima (entendida no tempo) existente no núcleo, por isso que se obtém por divisão do valor máximo do fluxo Φ que passa no ferro pela secção deste.

Ora, a verdade é que a distribuição da indução no núcleo não é rigorosamente homogénea; variará mais ou menos fortemente de um mínimo a um máximo desde o bordo exterior ao bordo interior do núcleo e o valor B calculado só se reproduzirá fìsicamente num determinado filete magnético. Esta observação [cf. Apêndice C] é todavia sistemàticamente ignorada pelo construtor de transformadores bem como pela literatura: o problema da distribuição da indução no interior do núcleo nem sequer é aflorado em Richter (S), em Küchler (C) ou em Blume (T); e na última edição de Vidmar (K), apenas se lhe faz uma referência (pág. 353) de ordem inteiramente geral sem que a questão se aprofunde nem dela se deduzam conclusões. Há, evidentemente, uma justificação para esta atitude, e é a seguinte: o construtor sabe que, para que os seus projectos tenham rigor no que diz respeito às características do núcleo (perdas magnéticas e potência aparente magnetisante), não pode recorrer a fórmulas, que seriam aliás empíricas, mas tem de usar curvas experimentais. A indeterminação da maioria dos factores em jogo, a começar pela própria distribuição do fluxo (além de juntas, esforços mecânicos, furação, etc.) e a sensibilidade das propriedades magnéticas a qualquer alteração difìcilmente previsível desses factores, são razões suficientes para que assim aconteça; tudo está em conduzir ensaios prévios sobre núcleos de séries construtivas aproximadamente homólogas, e em obter curvas estatìsticamente mais frequentes. A precisão com que estas curvas se obtêm permite fazer os cálculos à vontade dentro da tolerância consentida pelos regulamentos; não só por ex., do VDE 0532 que dá uma margem de 10 % às perdas no ferro e de 20 % à corrente magnetisante, mas mesmo para exigências mais apertadas por vezes impostas aos fabricantes. Por isso se trata de um método de cálculo universal, cuja defesa, naturalmente se se encontra reflectida na literatura; basta ver (T), pág. 12; (C), pág. 13 e 11; ou (M), pág. 90. Ora estas curvas são *curvas operacionais*, em que a grandeza dependente (perdas ou potência magnetisante) se exprime por unidade de massa, visto que a determinação experimental se faz para modelos sensìvelmente homólogos e o tamanho do núcleo não altera portanto os valores específicos, e em que a grandeza independente tem de ser um índice do estado de magnetisação da chapa do núcleo. Serve deste índice a indução tal como nós a calculamos em 2.4.2. Definido assim o seu âmbito, fica portanto liberdade ao engenheiro para falar em «indução no núcleo», sabendo-se que aquilo de que se fala é do valor médio dos valores de indução máxima distribuídos no interior da secção transversal, útil das colunas do núcleo, servindo de indicação do nível do fluxo no ferro.

Apêndice B

Notas à análise dos resultados

1 — Agravamento das perdas específicas

Resultando o agravamento das perdas num núcleo, em relação às perdas laboratoriais da chapa, de múltiplas causas (veja-se 1.4), tem interesse uma comparação do comportamento de núcleos diversos, sob este aspecto.

É o que fazemos a seguir entre os núcleos da primeira experiência e chapa em aparelho de Epstein, da mesma qualidade e trabalhada sem recozimento pós-corte.

Define-se factor de agravamento como o cociente entre o valor das perdas específicas da chapa em determinada montagem e o valor laboratorial (cf. 2.2.1).

Os valores do factor $r_{pE/C}$, que vão servir de termo de comparação, traduzem apenas o pioramento devido ao facto da chapa não ser recozida

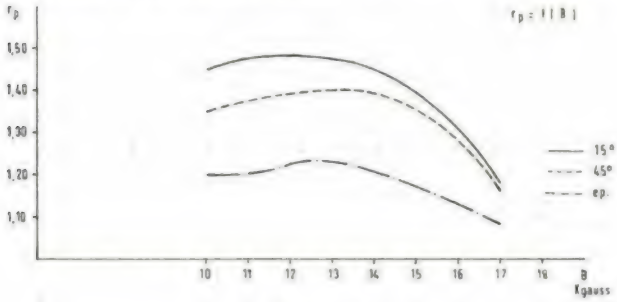
após o trabalho mecânico, visto a amostra ensaiada no aparelho de Epstein ter sido cortada na direcção de laminagem (ausência de efeito dos cantos) e serem desprezíveis outras causas de pioramento presentes num núcleo real (juntas, esforços mecânicos).

Os valores dos factores $r_{p\,45/C}$ e $r_{p\,15/C}$ foram calculados a partir dos valores da primeira experiência extraídos das curvas 3.

B	$r_{p\,E/C}$	$r_{p\,45/C}$	$r_{p\,15/C}$
10 Kgauss	1,20	1,35	1,45
11	1,21	1,38	1,48
12	1,23	1,39	1,48
13	1,24	1,39	1,45
14	1,22	1,40	1,45
15	1,19	1,35	1,40
16	1,14	1,29	1,31
17	1,11	1,16	1,18

Os três factores encontram-se representados nas curvas 5. A sua observação permite extrair um certo número de conclusões:

a) Os factores de agravamento dos núcleos grandes têm o andamento característico da chapa não recozida, com os máximos na zona entre os 12.000 e os 14.000 Gauss;



Curvas 5

b) Os seus valores são sensìvelmente superiores ao factor de agravamento da chapa no aparelho de Epstein (embora da ordem de grandeza comum na construção) devido à importância de outras causas de pioramento;

c) Entre estas causas deve destacar-se o efeito de juntas, que é predominante nas induções baixas, até à zona dos 12.000 Gauss, como o prova o facto do núcleo 15°, que possui juntas piores, apresentar valores de agravamento nìtidamente mais elevados; acima dos 12.000 gauss este efeito diminui progressivamente, e não só não afecta a posição do máximo, como pràticamente desaparece na proximidade dos 17.000 Gauss.

(Veja-se 2.2.2).

2 — Potência magnetisante

Embora não se faça nestes ensaios o estudo particular da potência magnetisante, a consideração das juntas convida a uma breve referência, que a medição das correntes nos ensaios da segunda experiência possibilita.

A influência das juntas nota-se no agravamento da potência magnetisante aparente pedida pelos núcleos, muito mais que no agravamento das perdas, e por isso, mesmo no caso dos núcleos pequenos se encontra uma diferença no comportamento do núcleo 15° em relação ao do núcleo 45°.

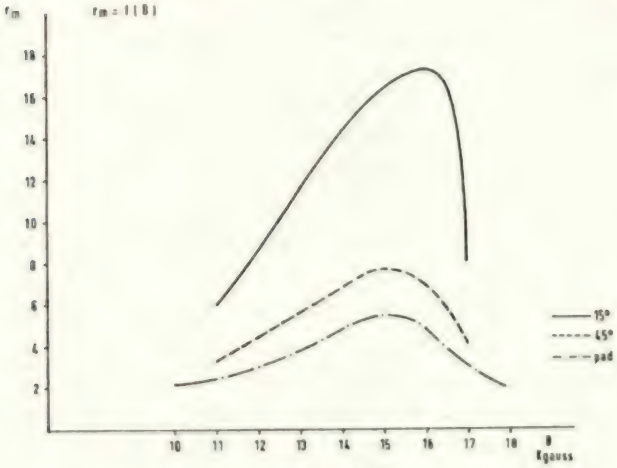
Para confrontar os resultados experimentais com dados conhecidos, calculamos o valor da potência magnetisante específica, em VA/kg, para cada núcleo, em função de indução, e a partir destes valores, por cociente com os de catálogo, factores de agravamento da potência magnetisante. Serviu de padrão o factor de agravamento médio de certo tipo de núcleos trifásicos de construção corrente. As três curvas correspondentes são as curvas 6.

B	$r_{pad/C}$	$r_{m\,45/C}$	$r_{m\,15/C}$
10 Kgauss	2,04	—	—
11	2,36	3,4	6,0
12	2,95	4,5	8,7
13	3,53	5,7	11,4
14	4,60	6,8	14,3
15	5,35	7,7	16,2
16	5,04	7,2	17,3
17	3,00	4,2	8,2
18	2,14	—	—

Verifica-se assim que a influência do efeito de juntas no pioramento da potência magnetisante aparente específica é descrita por curvas campaniformes, com os máximos na zona dos 15.000 aos 16.000 Gauss, decaindo mais ràpidamente para a zona das induções mais elevadas.

Na análise de Küchler [cf. (C), pág. 15] do efeito de junta é indicada uma distribuição com andamento semelhante (distribuição, em função da indução, da percentagem da potência magne-

tisante total pedida, num circuito magnético com uma junta, por esta).



Curvas 6

Apêndice C

Reunem-se aqui algumas considerações sobre o problema da interpretação teórica dos resultados experimentais obtidos.

1 — Limitações à análise teórica

A que se deve que as perdas nos dois núcleos sejam diferentes, para um mesmo nível de indução média no núcleo? Em primeira análise, ao facto da distribuição dos campos magnéticos ser diferente num e noutro caso; em análise mais profunda, às particularidades da física dos cristais ferromagnéticos, responsável não só por essa distribuição dos campos mas também pelas perdas que lhe são associadas. Discutir a questão neste último plano não é tarefa do electrotécnico, mas do físico; resta saber se ao menos no outro, que é o da análise já não *física* mas *fenomenológica*, pode o electrotécnico avançar algum passo.

A arma de que dispõe para a exploração fenomenológica dos problemas electromagnéticos é a teoria clássica do campo, centrada nas equações de Maxwell; ela permite determinar analìticamente em muitos casos importantes a distribuição do campo; mas a sua aplicação esbarra com extremas dificuldades quando depara com qualquer dos seguintes três fenómenos:

1) anisotropia do meio; 2) saturação ferromagnética; 3) ciclo de histerese não desprezível e sua variação em função da frequência.

Se há anisotropia, os vectores campo magnético e indução magnética deixam de ter a mesma direcção e ser relacionados um ao outro por um escalar que é a permeabilidade, mas passam a ter em geral direcções diferentes, sendo cada componente de B (num sistema tridimensional) função de todas as três componentes de H: a relação entre ambos os vectores passa a ser um tensor, o tensor permeabilidade, e a equação de Maxwel correspondente é agora:

$$\overline{B} = \mu_0 \overset{*}{M} \overline{H}$$

(sendo $\overset{*}{M}$ o tensor permeabilidade).

Se à anisotropia se junta a saturação ferromagnética, resulta que as componentes do tensor permeabilidade não são constantes, mas função de H; essa função é em geral complicada e difícil de estabelecer analìticamente.

Se finalmente se trabalha em problemas em que se não pode desprezar o ciclo de histeresse, este introduz com a sua não univocidade uma complicação suplementar; além de que se não pode abstrair do facto de que a forma do ciclo varia com a frequência.

Deste modo, ao tentarmos aplicar as equações de Maxwell, sabemos é certo que a divergência do vector indução é nula e que o rotacional do campo magnético é provocado pela densidade de corrente total; mas o elo entre um vector e outro, a ponte de passagem fundamental, é-nos de facto desconhecida.

Posta portanto a questão no caso geral, podemos dizer que o sistema formado pelas equações:

$$\operatorname{div} \overline{B} = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{H} = \overline{I} \quad \overline{B} = \mu_0 \overset{*}{M} \overline{H} \quad \overset{*}{M} = \overset{*}{M}(\overline{H})$$

não tem solução analítica. Cf. (Y), (W).

Ora nas experiências cuja discussão pretendemos fazer estamos precisamente neste caso. O meio é fortemente anisótropo; o nível de induções a que se trabalha não permite esquecer a saturação ferromagnética; o ciclo de histerese não é desprezível e a 50 Hz já se diferencia do ciclo a frequência nula (G). A descrição rigorosa do campo é por consequência inviável.

2 — Sugestões a experimentação

Resta a análise experimental directa, não constando haver trabalhos efectuados neste domínio com chapa de cristais orientados. A duas possí-

veis vias abertas à experimentação se alude a seguir.

2.1 — A primeira é a determinação experimental directa da distribuição, no interior do núcleo, dos valores máximos da indução magnética aos 50 Hz, para vários níveis de excitação magnetisante.

O objectivo consistiria em elaborar um mapa pontual dos valores máximos da indução, em módulo e direcção: pois é desta que depende, fenomenològicamente, o valor das perdas. A possibilidade de dispor de mapas de distribuição local das perdas no núcleo com o valor médio da indução como parâmetro é uma ideia sedutora, que ajudaria a responder às preguntas desanimadas de Vidmar (K, pag. 394): «E que se passa com o correr do fluxo das colunas para o fecho?... Não é este ponto, no quadro do funcionamento em vazio do núcleo construído com chapa orientada, especialmente obscuro?»; seria eventualmente o meio de poder projectar um núcleo mais racional, e de o adaptar ao nível de indução de trabalho a adoptar.

O método a empregar poderá ser o de estabelecer uma quadrícula no núcleo com furos de muito pequeno diâmetro, a uma distância a determinar, para que não afectem demasiado as propriedades magnéticas da chapa, e fazer passar por eles condutores de modo a formar espira. Medindo as tensões induzidas nestas expiras será possível calcular o valor médio da indução entre cada dois furos; e a partir dos valores em duas direcções ortogonais adjacentes de uma malha da quadrícula, compor com uma certa aproximação o vector $\overline{B}$ máximo no volume definido pela malha. Para os vários valores da corrente magnetisante ter-se-iam os vários mapas de distribuição de $\overline{B}$ máximo, à frequência do ensaio.

Experiências efectuadas nestes moldes pelo autor, com chapa laminada a quente, e cuja publicação se estuda, mostraram que, apesar das suas limitações, este método oferece possibilidades.

2.2 Outra via é começar por estudar como efectuar a passagem dos resultados de uma distribuição do campo no núcleo em regime estacionário para uma distribuição em regime quase-estacionário. Resolvido este problema, cai-se num caso de determinação de campo magnético em regime estacionário, mas com a particularidade do meio a estudar ser anisótropo e sujeito a saturação.

Estes dois condicionamentos obrigam a pôr de lado os métodos de analogia eléctrica (de cuva electrolítica ou de malha de resistências), que só são cómodos para uma permeabilidade constante e escalar; e por isso se usam para a determinação do campo em entreferros. (Cf. por exemplo, (Z)). Tem havido, não há dúvida, tentativas de estender os métodos analógicos ao caso da anisotropia; Cf. por exemplo, (AA); mas têm sido limitadas aos casos em que, além de campos de pequena intensidade, para ter as componentes do tensor permeabilidade constantes e excluir a saturação, se verifica que a anisotropia do material é relativamente simples, de modo que as componentes não nulas do tensor se limitam a um número muito reduzido, por exemplo à diagonal principal da matriz correspondente. (É o caso do exemplo citado que estuda a magnetisação num cristal de ferro). Para um material tão complexamente anisótropo como a chapa Goss não parece possível arranjar um modelo analógico.

A questão terá de ser atacada numa base muito mais ampla de pesquisa experimental, tendo como objectivo a determinação dum operador fenomenológico, capaz de descrever macroscòpicamente a chapa; por outras palavras, parece que será necessário tentar determinar experimentalmente o tensor da chapa, pelo menos dentro de uma gama definida de valores do campo (correspondentes às induções médias úteis na construção).

Resta ver se uma tal determinação está dentro das possibilidades dos modernos métodos de medida das propriedades magnéticas (J), (AB).

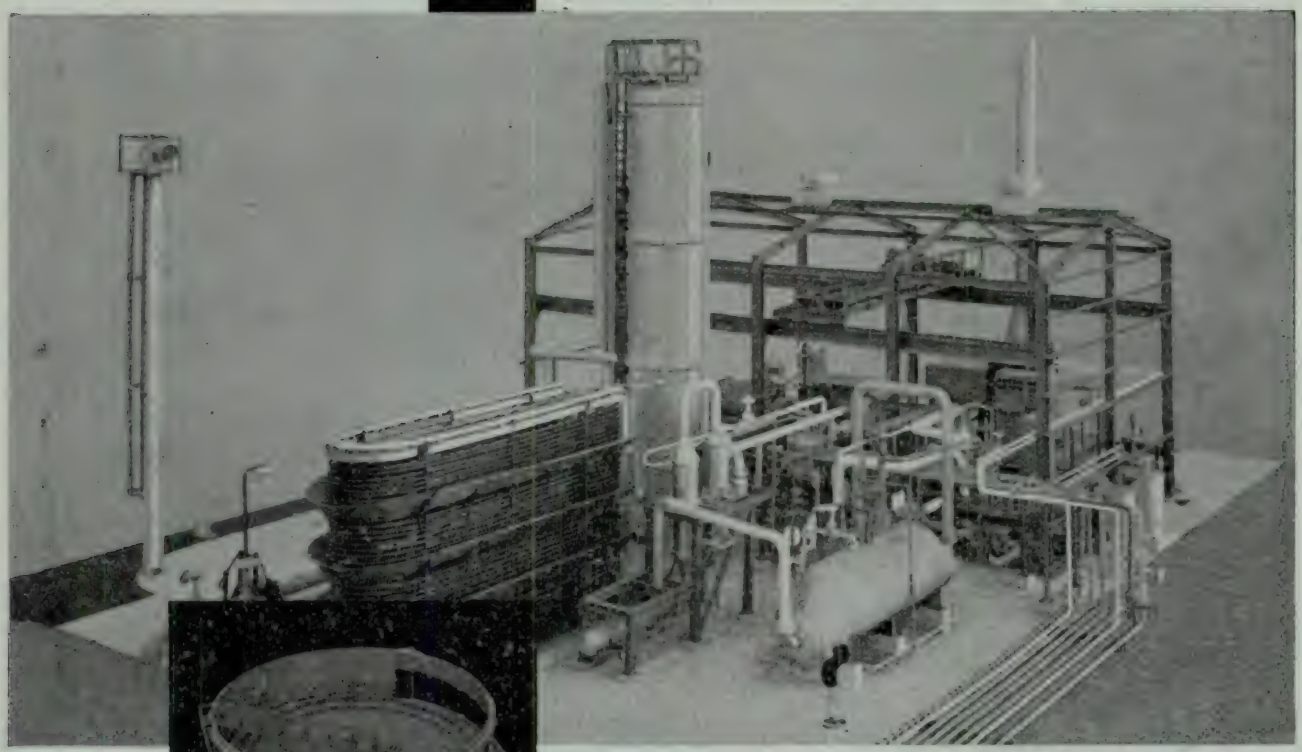
3 — Cálculo empírico

Na impossibilidade da análise teórica e na ausência de dados a fornecer pela análise experimental directa, pode quando muito tentar-se uma análise empírica, isto é, a adopção de um modelo simplificado para descrever a distribuição do campo e a partir dele calcular e comparar as perdas de dois núcleos.

A aproximação efectuada será forçosamente grosseira; procurou-se que fosse suficientemente plausível para ter algum interesse.

CENTRO DE PROJECTOS

COLOCA A SUA EXPERIÊNCIA AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA NACIONAL



MODELO DE INSTALAÇÃO EXECUTADO A PEDIDO DO CLIENTE

MODELO DE TANQUE DE TECTO FLUTUANTE

CONSTRUÇÃO DE MODELOS REDUZIDOS

O CENTRO DE PROJECTOS CONSTRÓI MODELOS DE INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS, QUER PARA REALIZAÇÕES A SEU CARGO QUER A PEDIDO DE CLIENTES COM BASE EM DESENHOS QUE LHE SEJAM FORNECIDOS.

OS MODELOS REDUZIDOS

- FACILITAM O ESTUDO DA INSTALAÇÃO
- TORNAM MAIS FÁCIL E RÁPIDA A SUA MONTAGEM
- POSSIBILITAM A INSTRUÇÃO DO PESSOAL ENCARREGADO DA CONDUÇÃO DA FÁBRICA. SÃO DE GRANDE UTILIDADE NA PLANIFICAÇÃO DA MONTAGEM DA INSTALAÇÃO

EXPONHA OS SEUS PROBLEMAS E DIRIJA AS SUAS CONSULTAS A **CENTRO DE PROJECTOS CUF** AV. 24 DE JULHO, 170 TELEF. 67 20 61 LISBOA - PORTUGAL TELEG. PROFABRIL CP-3

ESTAMPARIAS TINTURARIAS LAVANDARIAS

PARA OS VOSSOS TECIDOS TECNICOS:
TRANSPORTADORES MANKONS, LAPPING, WOLFRIES.
FLANELAS, CANEVAS, ETC.,

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

Consultem:

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 93
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

FLUIDO E MASTIC

IMPERMEABILIZAÇÕES

TORNA TUDO ESTANQUE

Impermeabilização e vedação perfeita de:

Terraços, Empenas, Algerozes, Clarabóias, Paredes húmidas, Coberturas, Fendas, Juntas de dilatação, etc., etc.

Fácil aplicação — Elasticidade excepcional
Não endurece nem apodrece

ROOFATEX **À base de borracha + alumínio**

Reforça a acção impermeabilizante do «Rubio», dando às construções um aspecto agradável — Protege todos os materiais contra a humidade, a ferrugem e a corrosão

RUBIO E ROOFATEX dois produtos que se completam

Representante Exclusivo: Orlando Fernandes

Rua Palmira, 46-A-B-C — LISBOA-1 — Telefs. 83 01 63 - 84 26 39 — End. teleg. «ORFER»

3.1 Consideremos (fig. 16) um circuito magnético de material isótropo não saturável, constituído por uma folha cortada em forma de coroa circular. O circuito é abraçado por um enrolamento de excitação onde passa uma corrente contínua; não há dispersão de fluxo, e a força magnetomotriz aplicada é C.

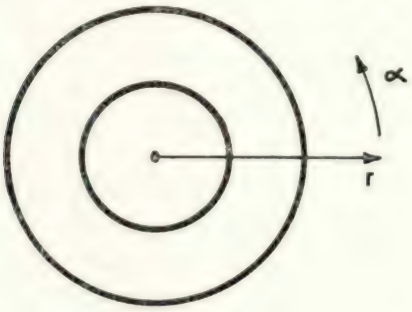


Fig. 16

No interior do circuito o campo obedece às equações:

$$\operatorname{div} \overline{B} = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{H} = 0 \quad \overline{B} = \mu \overline{H}$$

e existe portanto um potencial escalar ψ cuja forma se procura

$$\Delta^2 \psi = 0 \tag{3}$$

usando coordenadas polares (r, α), vê-se que uma função da forma

$$\psi = \lambda \alpha$$

satisfaz a equação anterior. Com efeito (W), as componentes do campo são:

$$H_r = -\frac{\partial \psi}{\partial r}$$

$$H_\alpha = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \alpha}$$

ou seja, neste caso,

$$H_r = 0$$

$$H_\alpha = -\frac{1}{r} \lambda \tag{4}$$

que manifestamente verificam (3).

O valor da constante acha-se pela equação

$$\oint (Hds) = \psi (P+) - \psi (P-) = C \tag{5}$$

cujo primeiro membro é, em virtude de (4)

$$\oint (Hds) = 2 \pi r . H \tag{6}$$

Igualando (5) e (6), obtém-se

$$\lambda = -\frac{C}{2\pi} \tag{7}$$

Verifica-se assim que o campo do vector $\overline{B}$ é puramente tangencial, e igual em módulo a

$$B = \mu \frac{C}{2 \pi r} \tag{8}$$

3.2 — Por analogia com o resultado anterior, vamos tentar estabelecer uma fórmula empírica para o caso dos núcleos a estudar, para o que se adopta um certo número de simplificações e aproximações; a saber:

a) A permeabilidade da chapa é absolutamente preferencial na direcção da laminagem (ou seja, nula em qualquer outra direcção) e o seu valor é constante; isto significa que as linhas de força do vector $\overline{B}$ são todas paralelas e paralelas ao eixo das chapas, tendo o andamento indicado na fig. 17. Admitimos portanto a analogia formal com o circuito anterior e a aplicabilidade da expressão (8).

b) Nas juntas não há entreferro, dando-se um encosto imediato das chapas adjacentes.

c) A distribuição dos valores máximos de $\overline{B}$, aos 50 Hz, é idêntica à do vector $\overline{B}$ em campo estacíonário;

d) A variação de secção, no caso do núcleo 15.°, não afecta o percurso das linhas do vector $\overline{B}$, mas apenas o valor do módulo do vector. Deste modo consegue-se fazer respeitar a equação div $\overline{B} = 0$, mas não se consegue simultâneamente que as componentes tangenciais do campo $\overline{H}$ sejam iguais de ambos os lados da linha de separação. Este erro, ao qual se não deve atribuir qualquer significado físico, parece-nos menor que o cometido ao aceitar a alínea *a*); e portanto sem interesse (para o cálculo aproximado que nos propomos) construir na zona de separação um percurso geométrico diferente da recta, que permitisse a aludida igualdade. Esse percurso seria forçosamente fictício e complicaria o cálculo sem lhe aumentar a precisão.

A partir destas hipóteses simplificativas, tem-se que no núcleo 45° o valor de $\overline{B}$ é constante ao longo de uma linha de força, e igual a:

$$B = \mu \frac{C}{2(a+b) + 8r} \tag{9}$$

sendo *a* e *b* as dimensões da janela do núcleo.

No caso do núcleo 15°, a constância do valor do fluxo que percorre o núcleo e a correlativa continuidade da componente normal da indução na superfície da separação impõe a seguinte relação entre a indução nas colunas (e fechos) *B* e a indução nos triângulos do canto B_c

$$B_c = \frac{\text{Cos. } 15^\circ}{\text{Sen. } 60^\circ} B = 1{,}115\ B \qquad (10)$$

A parcela da circulação do campo magnético na zona do canto, entre (a) e (b) — Vide fig. 17 — será portanto, para a linha de força à distância *r* do interior da janela e ao longo dela, para o conjunto dos 4 cantos do núcleo:

$$4 \int_a^b (Hds) = 4 \left[2\ (r \text{ Sen. } 15^\circ)\ H + \right.$$

$$\left. + \frac{r}{\text{Cos. } 15^\circ} \times \frac{\text{Cos. } 15^\circ}{\text{Sen. } 60^\circ} H \right] = 6{,}688\ rH \qquad (11)$$

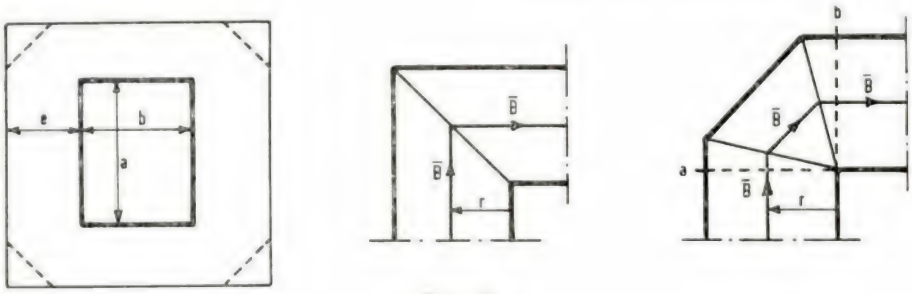


Fig. 17

O valor de *B* nas colunas do núcleo 15° é portanto

$$B = \mu \frac{C}{2\ (a + b) + 6{,}688\ r} \qquad (12)$$

Nos triângulos do canto o seu valor é

$$B_c = \mu \frac{1{,}115\ C}{2\ (a + b) + 6{,}688\ r} \qquad (13)$$

As expressões (9) e (12), do tipo

$$B = \mu \frac{C}{2\ (a + b) + Kr} = \frac{G}{h + Kr} \qquad (14)$$

fazendo

$$G = \mu C$$
$$h = 2\ (a + b)$$

e sendo $K_1 = 8$ no núcleo 45° e $K_2 = 6{,}688$ no núcleo 15°, permitem o cálculo do fluxo Φ que passa nas colunas (sendo a largura das chapas *e* e a espessura útil do núcleo *t*).

$$\Phi = t \int_0^e B\ (r)\ dr$$

$$= tG \int_0^e \frac{dr}{h + Kr}$$

$$= tG \frac{1}{K} \log. \frac{h + Ke}{h} \qquad (15)$$

3.3 — Para o cálculo das perdas do núcleo, admitindo a presente distribuição do campo, precisamos conhecer a expressão analítica das das perdas específicas em função de indução.

A física não nos sabe indicar ainda uma expressão rigorosa, que se fundamente nas propriedades dos materiais ferromagnéticos. Resta aos electrotécnicos a solução de, a partir dos dados empíricos, induzir uma expressão meramente fenomenológica. Tradicionalmente supriu este papel a fórmula de Steinmetz, fórmula que aliás envelheceu excessivamente. No termo relativo às perdas por histeresse, o expoente clássico 1,6 referia-se aos materiais ferromagnéticos que eram conhecidos há setenta anos, e a uma zona de induções demasiado modesta em relação àquelas com que hoje trabalhamos; aliás, com a variedade de materiais hoje usados, nem sempre é cómodo exprimir a relação entre a área do ciclo de histerese e o valor máximo de *B* por uma potência. Quanto ao próprio termo relativo ás correntes de Foucault, que parecia mais seguro, avolumaram-se as dúvidas sobre a sua validade em face das anomalias verificadas com certos materiais, a começar pela chapa de cristais orien-

tados (A); a atitude moderna é a de que «na realidade as perdas por correntes de Foucault não podem ser calculadas por nenhum método simples» (M, pág. 88).

Fica-se portanto com toda a liberdade para traduzir a curva experimental de perdas pela expressão matemática mais conveniente para o problema a liquidar, desde que a expressão reproduza a curva com uma aproximação considerada suficiente. Em anterior trabalho (B) foi-nos cómodo utilizar uma exponencial porque só tínhamos de calcular a sua derivada; no presente caso é preferível utilizar uma expressão de integração fácil, e por isso optamos por uma potência.

Verifica-se que a expressão:

$$p = q\,B^2 \tag{16}$$

satisfaz com aproximação suficiente para o nosso caso, pois se se fizer $q = 5{,}0871 \times 10^{-9}$ watt kg^{-1} $Gauss^{-2}$, a fórmula cobre a curva de perdas desde os 7 aos 15 kilogauss com um afastamento máximo de 4 %, diferindo dela a partir dos 17 kilogauss; se se fizer $q = 5{,}587 \times 10^{-9}$ watt kg^{-1} $Gauss^{-2}$, os valores da curva estão dentro de uma faixa de $\pm$ 10 % dos valores da fórmula entre os 7 e os 17 kilogauss.

3.4 — Admitidas a distribuição da indução e a expressão da curva de perdas específicas, o cálculo analítico das perdas totais torna-se imediato.

3.4.1 — Vejamos primeiro o cálculo das perdas das colunas e dos jugos até à zona dos cantos, P_a (Fig. 18-A).

Supondo u a densidade da chapa, tem-se:

$$P_a = uht \int_0^e p\,dr$$

$$= uhtqG^2 \int_0^e \frac{dr}{(h + Kr)^2}$$

$$= uqG^2 \frac{te}{h + Ke} \tag{17}$$

3.4.2 — As perdas dos cantos do núcleo 45° acham-se a partir do integral dum semi-canto (fig. 18-B):

$$P_{c45} = 8\ ut \int_0^e pr\,dr$$

$$= 8\ utqG^2 \int_0^e \frac{r\,dr}{(h + K_1 r)^2}$$

$$= 8\ utqG^2 \left[\frac{1}{K_1^2} \log \frac{h + K_1 e}{h} - \frac{e}{K_1 h + K_1^2 e} \right] \tag{18}$$

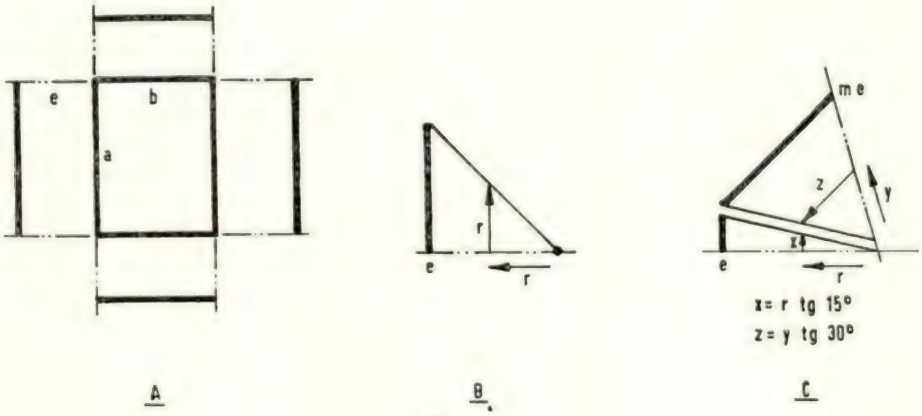


Fig. 18

3.4.3 — As perdas dos cantos do núcleo 15° calculam-se anàlogamente, seperando por comodidade o semi-canto em duas parcelas (fig. 18-C).

A primeira parcela é:

$$P_{C15}^{(1)} = 8\ ut \int_0^e pr\ (\text{tg. } 15.^\circ)\ dr$$

$$= 2{,}16\ utqG^2 \int_0^e \frac{r\,dr}{(h + K_2 r)^2}$$

$$= 2{,}16\ utqG^2 \left[\frac{1}{K_2^2} \log \frac{h + K_2 e}{h} - \frac{e}{K_2 h + K_2^2 e} \right] \tag{19}$$

Na segunda parcela é preciso ter em conta que a indução é mais alta; fazendo

$$m = \frac{\text{Cos. } 30^\circ}{\text{Cos. } 15^\circ} = 0{,}8966, \text{ é } B_c = \frac{1}{m} B.$$

temos

$$\overset{(2)}{P}_{c15} = 8 \text{ ut} \int_0^{me} py \text{ (tg } 30^\circ) \text{ dy}$$

$$= 4{,}62 \text{ ut} \int_0^{me} \frac{qG^2}{m^2} \frac{Ydy}{(h + K_2 r)^2}$$

$$= 5{,}74 \text{ utq}G^2 \left[\frac{1}{K_2^2} \log \frac{h + K_2 \text{ me}}{h} - \frac{\text{me}}{K_2 h + K_2^2 \text{me}} \right] \tag{20}$$

As perdas do canto 15° são a soma das expressões (19) e (20):

$$P_{c15} = \overset{(1)}{P}_{c15} + \overset{(2)}{P}_{c15} \tag{21}$$

3.4.4 Tendo calculado as perdas totais dos dois núcleos

$$\begin{aligned} P_{45} &= P_a + P_{c45} \\ P_{15} &= P_a + P_{c15} \end{aligned} \tag{22}$$

importa comparar estes dois valores entre si; o quociente assim achado confrontar-se-à com o quociente experimental das perdas.

A relação das perdas a *C* constante, isto é, das perdas correspondentes às distribuições de campo causadas num e noutro núcleo pela mesma força magnetomotriz não nos interessa.

Os valores que tem interesse comparar são os valores das perdas para o mesmo fluxo no núcleo; pela equação (15) sabemos como depende Φ de *C*, e podemos obter a relação das forças magnetomotrizes que geram o mesmo fluxo nos dois núcleos:

$$\frac{C_{45}}{C_{16}} = \frac{K_1 \log \frac{h + K_2 e}{h}}{K_2 \log \frac{h + K_1 e}{h}} \tag{23}$$

Fazendo

$$\begin{aligned} s_1 &= h + K_1 e = h + 8 e \\ s_2 &= h + K_2 e = h + 6{,}688 e \\ s_3 &= h + K_2 \text{ me} = h + 6 e \end{aligned}$$

$$z_1 = \frac{s_1}{h} \qquad z_2 = \frac{s_2}{h} \qquad z_3 = \frac{s_3}{h}$$

obtemos finalmente a expressão do *quociente das perdas no núcleo 45° pelas do núcleo 15°*

$$r_p = \frac{P_{45}}{P_{15}}$$

a fluxo constante:

$$r_p = 0{,}1788 \times \frac{(\log z_2)^2}{\log z_1} \times$$

$$\times \frac{1}{0{,}677 \frac{e}{s_2} - 0{,}769 \frac{e}{s_3} + 0{,}0483 \log z_2 + 0{,}128 \log z_3} \tag{24}$$

3.4.5 Apliquemos a fórmula anterior aos núcleos das suas experiências. Na primeira experiência temos:

$$\begin{aligned} a &= 600 \text{ mm} \\ b &= 190 \text{ mm} \\ e &= 247 \text{ mm} \end{aligned}$$

isto é, $s_1 = 3556$ $\quad s_2 = 3232$ $\quad s_3 = 3062$
$z_1 = 2{,}250$ $\quad z_2 = 2{,}045$ $\quad z_3 = 1{,}937$

e finalmente:

$$r_p = 1{,}04$$

Na segunda experiência temos:

$$\begin{aligned} a &= 180 \text{ mm} \\ b &= 40 \text{ mm} \\ e &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

isto é, $s_1 = 1000$ $\quad s_2 = 908$ $\quad s_3 = 860$
$z_1 = 2{,}272$ $\quad z_2 = 2{,}063$ $\quad z_3 = 1{,}954$

e finalmente:

$$r_p = 1{,}04$$

3.5 — Os resultados a que acabamos de chegar são numèricamente diferentes dos obtidos experimentalmente, como de prever, dadas as limitações do cálculo.

O interesse, que este terá, reside apenas em que o *sentido de variação* da relação de perdas coincide com o sentido de variação experimentalmente

verificado. E isto apesar do núcleo 15° apresentar um estrangulamento de secção, isto é, aparentemente condições para um aumento local da indução. Era sobretudo este aspecto que interessava focar um pouco mais de perto. Por isso se considerou, no núcleo 15.°, que o aumento de indução no canto se dava em toda a área do triângulo; com certeza que não é isto que se passa, pois a própria continuidade da componente tangencial de H obriga a que as linhas de força entrem no triângulo fazendo um ângulo menos acentuado com a normal à linha de separação, e portanto a que na região limítrofe a indução tenha valores mais baixos que os considerados. Podemos afirmar por isso que a hipótese adoptada para o cálculo é desfavorável.

As críticas a este método de cálculo empírico estão expressas nas próprias simplificações sobre que se baseia (vide 3.2).

Nota ao Apêndice C

Confronto dos valores das perdas obtidos pelas fórmulas empíricas com os valores experimentais

1. As perdas totais do núcleo 45° são dadas pela expressão (22), ou seja, considerando (17) e (18) e fazendo $z = \frac{h + ke}{h}$:

$$P_{45} = uqtG^2 \left[\frac{e}{h + ke} + \frac{1}{k} \log z - \frac{e}{h + ke} \right]$$

$$= \frac{uqt}{k} G^2 \log z$$

Substituindo G por Φ (15) e exprimindo o fluxo em função da indução média no núcleo, B, tem-se :

$$P_{45} = \frac{te^2 uqk}{\log z} B^2 \qquad (25)$$

Com *t* e *e* em *cm*, *u* em *kg cm* ^{3}, *q* em *Watt Kg*$^{-1}$. *Gauss*$^{-2}$, *B* em *Gauss* vem *P* em *Watt*.

2. Apliquemos esta fórmula ao caso do núcleo 45° da primeira experiência.

Tem-se :

$t = 8{,}075$ cm $\quad e = 24{,}7$ cm

$u = 7{,}65 \times 10^{-3}$ kg cm^{-3}

$q = 5{,}587 \times 10^{-9}$ watt/kg^{-1} Gauss^{-2} $k = 8$

$\log z = 0{,}81$

donde $P_{45} = 2{,}079\ B^2$.

3. Apresentam-se a seguir os valores calculados em confronto com os experimentais :

B (K. Gauss)	P_{45} Calculadas W	Reais W	Cociente $\frac{\text{P reais}}{\text{P calculadas}}$
10	208	260	1,25
11	252	315	1,25
12	300	375	1,25
13	351	445	1,27
14	408	520	1,27
15	468	595	1,27
16	533	675	1,27
17	600	760	1,27

4. Verifica-se que as perdas reais são superiores às calculadas entre 25 % e 27 %; o factor que as relaciona é pràticamente constante. Este factor é inferior ao factor de agravamento das perdas reais em relação às laboratoriais, que, entre os 10 e os 16 kGauss, varia para este núcleo entre 30 % a 40 % (vidé Apêndice B). Isto mostra que a alteração que as operações de construção do núcleo provocam no valor das perdas é superior ao erro do cálculo empírico, nesta zona de induções.

Todavia o afastamente entre os valores empíricos e os reais não é igual no núcleo 15° e no no núcleo 45°, daí resultando que o quociente das perdas calculado seja inferior ao real.

BIBLIOGRAFIA

(A) Pawlek, «Zukunftsaussichten für die Entwicklung Magnetischer Werkstoff», in ETZ, ed. A, vol 80, n.° 17, 1959, Berlim.

(B) Martins, «Distribuição das perdas nos transformadores de potência», in «Electricidade», vol. 1, n.° 2, 1957, Lisboa.

(C) Küchler, «Die Transformatoren», ed. Springer, 1956, Berlim.

(D) Brechna, «Considérations sur la construction actuelle du corps magnetique de transformateurs», in «Bulletin Oerlikon», n.° 324, 1957, Zurique.

(E) Fröhlich, «Ausgewahlte Probleme der Theorie des Ferro-und ferrimagnetismus», ed. «Technik», 1954, Berlim-Leste.

(F) «Journal of applied physics», Actas do 5. Simpósio sobre magnetismo e materiais magnéticos, suplemento ao vol. 31, n.° 5, 1960, Nova York.

(G) Catálogo «Armco Oriented Electrical Steels», 5.ª edição, 1959, Middletown, Ohio.

(H) Goldstein, «Neue Wege in Bau von Transformatorkernen», in ETZ, ed. A, vol. 81, n.º 2, 1960, Berlim.

(I) Rassmann, «Eigenschaften und Techonologie Kaltgewaltzer transformatorenbleche», in «Deutsche Elektrotechnik», vol. 13. n.º 3, 1959, Berlim-Leste.

(J) Ruess, «Ueber die Richtungsabhängigkeit Magnetischer Eigenschaften von Elektroblechen und ihre Messung», in ETZ, ed. A, vol. 80, n.º 17, 1959, Berlim.

(K) Vidmar, «Die Transformatoren», 3.ª edição, ed. Birkhauser, 1956, Basileia.

(L) Mickun, «Partie active dun transformateur» in «Techniques Cem», n.º 36, 1958, Paris.

(M) Bean, Chackan, «Transformers», ed. Mc Graw Hill, 1959, Nova Iork.

(N) Borowski, «Die Ergebnisse der Untersuchungen an Transformatoren mit Texturblechkernen», in «Deutsche Elektrotechnik», vol. 13, n.º 13, 1959, Berlim-Leste.

(O) Perrin, «Les nouvelles tôles magnetiques a cristaux orientés», in «Revue d'electricité et de mecanique Alsthom», n.º 102, 1955, Paris.

(P) Aigner, «Senkung, Abfuhr und Verwertung der transformatoren-verlustwarme», in ETZ, ed. B, vol. 12, n.º 7, 1960, Berlim.

(Q) Küchler, «Der magnetische Widerstand verschachtelter stossfugen im Eisenkreis von Transformatoren und Messwandlern», in Zeitzschrift F. Elektrotechnik», vol. 1, n.º 5, 1948, Viena.

(R) Brendler, «Flussverteilung» in den Jochen von transformatoren», in «Deutsche Elektrotechnik», vol. 7, n.º 6, 1953, Berlim-Leste.

(S) Richter, «Elektrische Maschinen», vol. IV: «Die Transformatoren», ed. Birkauser, 1954, Basileia.

(T) Blume, Boyajian, Etc., «Transformer Engineering», 2.ª edição, Ed. John Wiley, 1951, Nova York.

(U) Weigelt, «Konstruktive Massnahmen bei der Einfuhrung der Kaltgewaltzten Bleche», in «Deutsche Elektrotechnik», vol. 13, n.º 3, 1959, Berlim-Leste.

(V) Brechna, «Properties of Bonded cores of Electrical machines and transformers», Comunicação à C. I. G. R. E., n.º 118, 1960, Paris.

(W) Ollendorff, «Berechnung Magnetischer Felder», ed. Springer, 1952, Viena.

(Y) Küpfmüller, «Einführung in die Theoretische Elektrotechnik», 6.ª edição, ed. Springer, 1959, Berlim.

(Z) Germain, «Etude analogique de quelques champs magnetiques», in «Annales de Physique», tomo 4, 1959, Paris.

(AA) Davis, «An Electrical Analogue of Magnetic Domains», Technical Report N/T 78, «The Electrical Research Association», 1957, Leatherhead (G. B.)

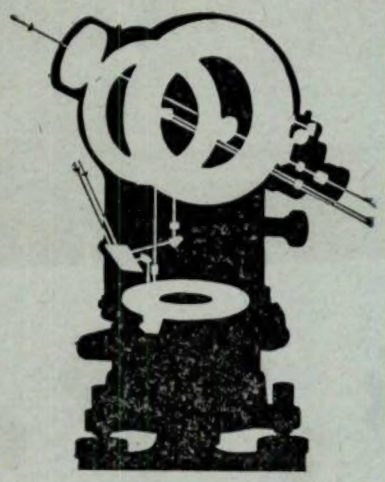
(AB) Jellinghaus, «Entwicklung der Verfahren zur Prüfung Ferromagnetischer Werkstoffe», in «Archiv F. das Eisenhuttenwesen», vol. 22, n.º 11/12, 1951, Dusseldorf.

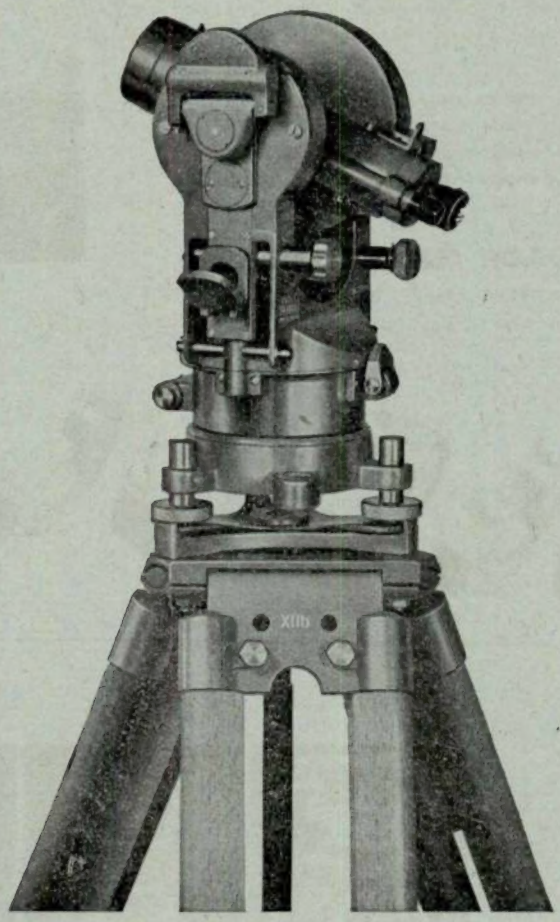
(AC) Walther, Hibbard, Etc., «Magnetic Properties of Cube Textured Silicon-Iron Magnetic Sheet», in «Journal of Applied Physics», vol. 29, pag 363, 1958, Nova York.

TAQUEÓMETRO AUTOREDUTOR RDS

PARA MIRA VERTICAL COM BASE EXTENSÍVEL

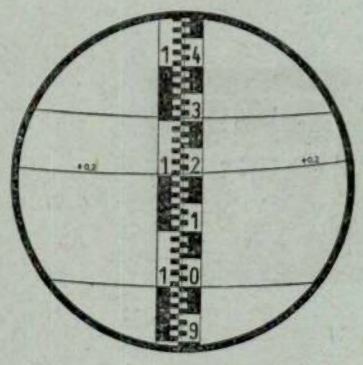
Especialmente apropriado para levantamentos de terrenos acidentados e com muitos detalhes





PRECISÃO DE MEDIDA

das distâncias: 10 a 20 cm em 100 m
dos desníveis: 5 a 20 cm em 100 m



RETÍCULO COM 3 CURVAS:

Inferior — Círculo de Base
Média — Traço Altimétrico
Superior — Traço Estadimétrico

Imagem directa (não invertida) com campo de observação livre e sem obstáculos

Bengala de prumo adaptável ao tripé com escala para leitura da altura do tripé

Solicitem catálogo ou demonstração aos

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6
LISBOA-2 — TELEF. 68 11 27